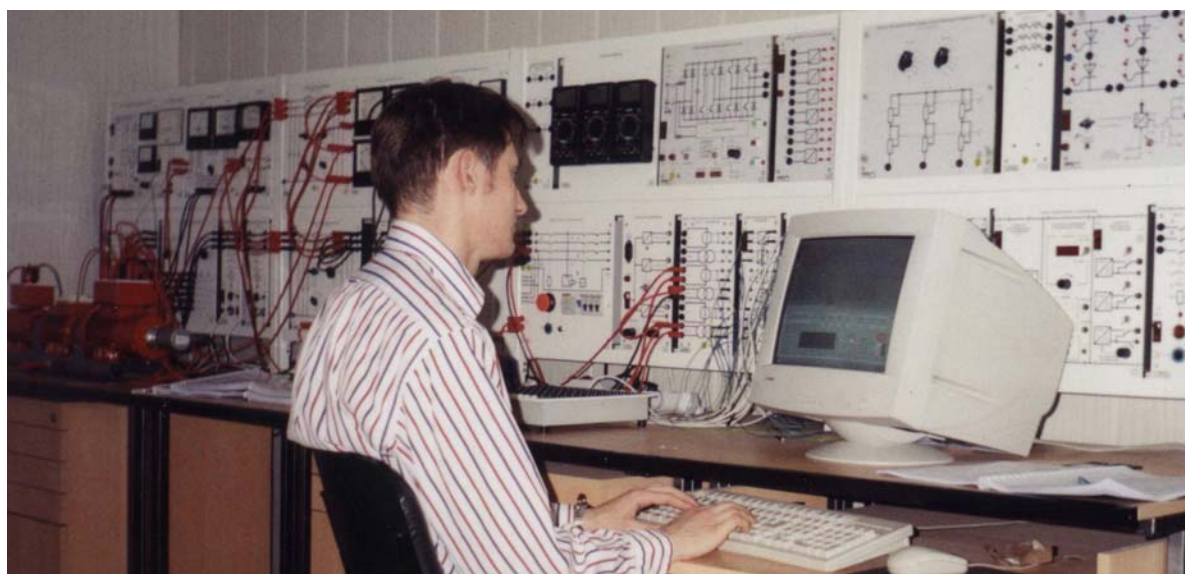


ООО «Учебная техника»

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ
Часть 3. Синхронные машины
Руководство по выполнению базовых экспериментов
ЭМ.001 РБЭ (904)



2005

Галишников Ю.П., Сенигов П.Н., Карпеш М.А. Электрические машины. Руководство по выполнению базовых экспериментов. ЭМ.001 РБЭ (904). – Челябинск: ООО «Учебная техника», 2005. – 80 с.

Представлены перечни используемой при выполнении базовых экспериментов аппаратуры, электрические схемы соединений и их описания, а также указания по проведению базовых экспериментов.

Руководство предназначено для использования при подготовке к проведению лабораторных работ по учебной дисциплине «Электрические машины (общий курс)» и смежным с ней дисциплинам в высших и средних профессиональных образовательных учреждениях.

Содержание

Содержание.....	3
Введение	5
Перечень аппаратуры, используемой в экспериментах	7
Описание и технические характеристики электромашинного агрегата	9
Описание и технические характеристики функциональных блоков	11
Электрическая схема соединений тепловой защиты машины переменного тока.....	14
Подготовка и проведение измерений с помощью электронного мультиметра	15
Порядок работы с оригинальными программными продуктами	16
1. ТРАНСФОРМАТОРЫ	
1.1. Определение коэффициента трансформации однофазного трансформатора.....	
1.2. Снятие и определение характеристик холостого хода $I_0=f(U)$, $P_0=f(U)$, $\cos\varphi_0=f(U)$ однофазного трансформатора	
1.3. Снятие и определение характеристик короткого замыкания $I_K=f(U)$, $P_K=f(U)$, $\cos\varphi_K=f(U)$ однофазного трансформатора	
1.4. Регистрация и отображение на компьютере тока включения однофазного трансформатора без нагрузки	
1.5. Регистрация и отображение на компьютере тока короткого замыкания однофазного трансформатора.....	
1.6. Определение уравнивающего тока, вызванного неравенством коэффициентов трансформации параллельно включенных однофазных трансформаторов	
1.7. Определение группы соединений обмоток трехфазного трансформатора	
1.8. Подтверждение недопустимости параллельной работы трехфазных трансформаторов с различными группами соединения обмоток.....	
2. ГЕНЕРАТОРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА	
2.1. Возбуждение / самовозбуждение генератора постоянного тока с регистрацией и отображением режимных параметров на компьютере.....	
2.2. Снятие характеристики холостого хода $E_0=f(I_f)$ генератора постоянного тока с независимым возбуждением	
2.3. Снятие характеристики короткого замыкания $I_K=f(I_f)$ генератора постоянного тока с независимым возбуждением	
2.4. Снятие внешней $U=f(I)$, регулировочной $I_f=f(I)$ и нагрузочной $U=f(I_f)$ характеристик генератора постоянного тока с независимым / параллельным возбуждением.....	
2.5. Регистрация и отображение на компьютере тока короткого замыкания генератора постоянного тока с параллельным возбуждением.....	
3. ДВИГАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА	
3.1. Пуск в ход двигателя постоянного тока с независимым / параллельным / последовательным возбуждением с регистрацией и отображением режимных параметров на компьютере	
3.2. Определение механической характеристики $n=f(M)$ двигателя постоянного тока с независимым / параллельным / последовательным возбуждением	

3.3. Определение рабочих характеристик $n=f(P_2)$, $M=f(P_2)$, $\eta=f(P_2)$ двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.....	
4. ТРЕХФАЗНЫЕ АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ.....	
4.1. Пуск в ход трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым / фазным ротором с регистрацией и отображением режимных параметров на компьютере.....	
4.2. Снятие и определение характеристик холостого хода $I_0=f(U)$, $P_0=f(U)$, $\cos\varphi_0=f(U)$ трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.....	
4.3. Снятие и определение характеристик короткого замыкания $I_K=f(U)$, $P_K=f(U)$, $Z_K=f(U)$ трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.....	
4.4. Определение механической характеристики $n=f(M)$ трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым / фазным ротором.....	
4.5. Определение рабочих характеристик $I=f(P_2)$, $P_1=f(P_2)$, $s=f(P_2)$, $\eta=f(P_2)$, $\cos\varphi=f(P_2)$, $M=f(P_2)$ трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым / фазным ротором.....	
5. ТРЕХФАЗНЫЕ СИНХРОННЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ.....	20
5.1. Снятие характеристики холостого хода $E_0=f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора	21
5.2. Снятие характеристики короткого замыкания $I_K=f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора.....	26
5.3. Снятие внешней $U=f(I)$, регулировочной $I_f=f(I)$ и нагрузочной $U=f(I_f)$ характеристик трехфазного синхронного генератора.....	31
5.4. Подключение к сети трехфазного синхронного генератора методом точной синхронизации.....	37
5.5. Подключение к сети трехфазного синхронного генератора методом самосинхронизации.....	43
5.6. Снятие угловых характеристик $P=f(\delta)$, $Q=f(\delta)$, $U=f(\delta)$ трехфазного синхронного генератора.....	48
5.7. Снятие V-образной характеристики $I=f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора...	53
5.8. Регистрация и отображение на компьютере тока трехфазного короткого замыкания синхронного генератора.....	58
6. ТРЕХФАЗНЫЕ СИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ.....	64
6.3. Снятие V-образной характеристики $I=f(I_f)$ трехфазного синхронного двигателя...	765

Введение

В настоящем руководстве описаны базовые эксперименты, выполняемые на комплекте типового лабораторного оборудования «Электрические машины». В ходе их воспроизводятся установившиеся и переходные процессы в машинах постоянного и переменного тока.

Типовой комплект лабораторного оборудования предназначен для выполнения лабораторных работ по учебной дисциплине «Электрические машины (общий курс)» и смежным с ней дисциплинам в высших и средних профессиональных образовательных учреждениях.

Комплект также может быть использован в профтехучилищах и общеобразовательных школах с углубленным изучением физики.

Аппаратная часть комплекта выполнена по блочному (модульному) принципу и содержит:

- спроектированные с учебными целями натурные аналоги электрических машин, трансформаторов и элементов электрических цепей;
- источники питания;
- измерительные преобразователи и приборы;
- персональный IBM-совместимый компьютер со встроенной платой ввода/вывода данных фирмы National Instruments;
- трехсоставной лабораторный стол со встроенным контейнером для хранения съемных функциональных блоков, проводников и методических материалов, рамами для установки необходимых в эксперименте функциональных блоков, выкатной полкой для клавиатуры компьютера и подставкой для системного блока последнего.

Питание комплекса осуществляется от трехфазной электрической сети напряжением 380 В с нейтральным и защитным проводниками.

- Потребляемая мощность Вт, не более..... 500
- Габариты (длина / ширина / высота), мм.....2750×900×1600
- Масса, кг, не более..... 250

Программная часть комплекта включает:

- программную среду персонального компьютера (Windows всех версий, начиная с Windows 98);
- разработанные регистраторы режимных параметров машин постоянного и переменного тока, виртуальный осциллограф.

Методическая часть комплекта включает:

- настоящее руководство, как комплект материалов для подготовки к проведению лабораторных работ;
- руководства по работе в программной среде LabVIEW (4 тома);
- руководство пользователя платой ввода/вывода 6024E.

Типовому комплекту лабораторного оборудования «Электрические машины» присущи следующие качества.

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ, которая выражается в возможности воспроизведения не только установившихся, но и переходных процессов в электрических машинах.

ГИБКОСТЬ, которая обеспечивается возможностью компоновки требуемой конфигурации комплекта сообразно с задачами каждого конкретного эксперимента.

НАГЛЯДНОСТЬ результатов моделирования, которая обеспечивается их регистрацией и отображением посредством как традиционных измерительных приборов (аналоговых или/и цифровых), так и виртуальных на мониторе компьютера.

НАДЁЖНОСТЬ, достигаемая за счет малой мощности силовых элементов, защитой электрических цепей от эксплуатационных коротких замыканий и неумелого обращения.

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ, которая обеспечена выполнением компонентов комплекта классом защиты от поражения электрическим током 01 и I, а также применением защищенных проводников и устройства защитного отключения.

СОВРЕМЕННЫЙ ДИЗАЙН, который обеспечен выполнением комплекта с учетом требований эргономики, инженерной психологии и эстетики.

На комплексе может активно работать творческая бригада из 2–3 студентов.

Перечень аппаратуры, используемой в экспериментах

Количество аппаратуры с определённым кодом, используемой в конкретном эксперименте, приведено в таблице 1.

Таблица 1

Код аппаратуры	Номер эксперимента															
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3
101.2									1	1	1	1	1	1	1	1
102.1									1	1	1	1	1	1	1	1
104									1	1	1	1	1	1	1	1
201.2.				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
206.1									1	1	1	1		1	1	1
209.2									1	1	1	1	1	1	1	1
301.1					1				2	2	2	2	2	1		
319																
306.1						1						1		1	1	1
307.1									1	1	1	1	1			
308.1									1			1				
314.2																
317.2																
318.1	1	1	1													
319																
323.2			1		1							1		1		
324.2																
330				1	1		1		1				1	1		
347.1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1			
401.1				1	1		1									
402.3									1				1	1		
504.2																
505.2																
506.2									1	1	1	1	1	1	1	1
507.2		1	1													1
508.2	1	1	1			1		1		1	1	1			1	1
550				1	1		1		1				1	1		

Таблица 1 (продолжение)

Код аппаратуры	Номер эксперимента															
	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	6.1	6.2	6.3
101.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
102.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
104	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
201.2.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
206.1	1			1	1	1	1	1		1			1	1	1	1
209.2						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
301.1	2	1	1	1	1				1	1	1	1	1	2	2	1
306.1	1			1	1			1					1	1	1	
307.1	1			1	1									1	1	
308.1																
314.2	1	1									1	1		1	1	1
317.2								1								
318.1																
319									1	1	1	1				
324																
323.2																
324.2								1					1			
330	1												1	1		
347.1	1	2	2	1	1				1	1	1	1		1	1	1
401.1													1			
402.3	1													1		
504.2									1		1	1				
505.2											1	1			1	
506.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
507.2		1	1	1	1				1	1	1	1			1	1
508.2		1	1	1	1	1	1	1				1	1		1	1
550	1							1					1	1		

Описание и технические характеристики электромашинного агрегата

Электромашинный агрегат предназначен для электромеханического преобразования энергии постоянного или переменного тока, получения сигналов, определяющих частоту вращения и угловое положение подвижных частей агрегата. Он включает сочлененные между собой и установленные на едином основании машину постоянного тока, машину переменного тока и преобразователь угловых перемещений.

Концы обмоток машин выведены через гнезда на терминальные панели, прикрепленные к их корпусам.

Машина постоянного тока (тип 101.2)

Номинальная мощность, Вт	90
Номинальное напряжение якоря, В	220
Номинальный ток якоря, А	0,56
Номинальная частота вращения, мин ⁻¹	1500
Возбуждение	Независимое /параллельное/ последовательное
Номинальное напряжение возбуждения, В	220
Номинальный ток обмотки возбуждения, А	0,2
КПД, %	57,2
Направление вращения	реверсивное
Режим работы	двигательный/генераторный

Машина переменного тока (тип 102.1)

Число фаз на статоре	3
Число фаз на роторе	3

Как синхронная машина

Номинальная активная мощность, Вт	100
Номинальное напряжение, В	230
Схема соединения обмоток статора	Y
cos φ _н	1
Номинальный ток статора, А	0,26
Ток возбуждения холостого хода, А	1,6
Номинальное напряжение возбуждения, В	22
Номинальный ток возбуждения, А	1,85
Направление вращения	любое
Номинальная частота вращения, мин ⁻¹	1500

Как асинхронная машина

Частота тока, Гц	50
Номинальная полезная активная мощность, Вт	30
Номинальное напряжение, В	127
Схема соединения обмотки статора	Y
Схема соединения обмотки ротора	Y
Номинальный ток статора, А	0,35
КПД, %	36
cos φ _н	0,73
Номинальная частота вращения, мин ⁻¹	1250

Преобразователь угловых перемещений**(тип 104)**

Модель	BE 178A
Количество выходных каналов	6
Выходные сигналы	серия импульсов и опорный импульс
Число импульсов за оборот в серии	2500
Диапазон изменения рабочих частот вращения вала, мин ⁻¹	0..6000

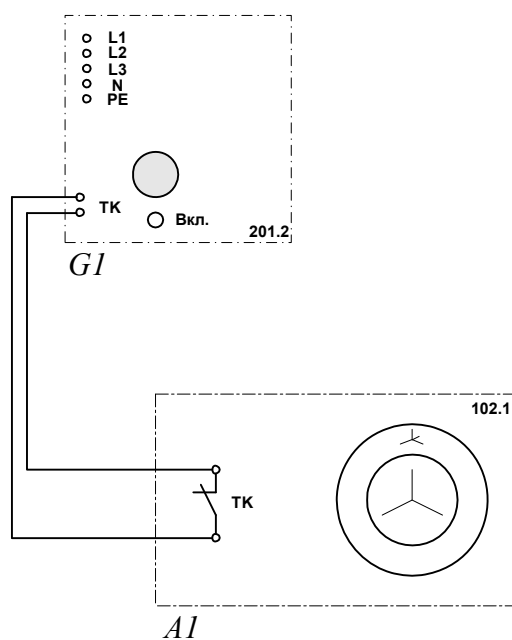
Описание и технические характеристики функциональных блоков

Наименование и описание	Параметры	Код	Ширина, мм
1	2	3	4
<p>Трехфазный источник питания Предназначен для питания комплекта типового лабораторного оборудования трехфазным переменным напряжением промышленной частоты. Включается вручную. Имеет защиту от перегрузок, устройство защитного отключения, кнопку аварийного отключения и ключ от несанкционированного включения.</p>	<p>400 В ~ 16 А Ток срабатывания УЗО – 30 мА</p>	201.2	285
<p>Источник питания двигателя постоянного тока Предназначен для питания обмоток якоря и возбуждения машины постоянного тока. Включается вручную или дистанционно/автоматически (от ПЭВМ). Якорное напряжение регулируется вручную или дистанционно. Напряжение возбуждения постоянное.</p>	<p>Цепь якоря 0...250 В – 3 А Цепь возбуждения 200 В – 1 А</p>	206.1	285
<p>Возбудитель машины переменного тока Предназначен для питания обмотки возбуждения машины переменного тока. Включается и регулируется вручную или дистанционно/автоматически (от ПЭВМ). Выходные цепи изолированы от входных.</p>	<p>0...40 В – 3,5 А</p>	209.2	285
<p>Трехполюсный выключатель Предназначен для ручного или дистанционного/автоматического (от ПЭВМ) включения/отключения электрических цепей.</p>	<p>400 В ~ 10 А</p>	301.1	95
<p>Активная нагрузка Предназначена для моделирования однофазных и трехфазных потребителей активной мощности. Регулируется вручную.</p>	<p>220 В 50Гц 3×0...50 Вт</p>	306.1	285
<p>Реостат для цепи ротора машины переменного тока Предназначен для изменения активного сопротивления цепи ротора машины переменного тока. Регулируется вручную.</p>	<p>3×0...40 Ом 1 А</p>	307.1	285
<p>Реостат возбуждения машины постоянного тока Предназначен для изменения активного сопротивления цепи возбуждения машины переменного тока. Регулируется вручную.</p>	<p>0...2000 Ом 0,1...0,5 А</p>	308.1	285
<p>Линейный реактор Предназначен для изменения индуктивности однофазной/трехфазной электрической цепи</p>	<p>0,3 Гн 0,5 А</p>	314.2	95

Емкостная нагрузка Предназначена для моделирования однофазных и трехфазных источников реактивной мощности. Регулируется вручную.	220 В 50Гц 3х0...40 Вар	317.2	285
Регулируемый автотрансформатор Предназначен для получения регулируемого однофазного напряжения промышленной частоты. Регулируется вручную.	220 / 0..240 В 2А	318.1	190
Блок синхронизации Предназначен для ручного или дистанционного/автоматического подключения (от ПЭВМ) синхронной машины к сети методами точной синхронизации или самосинхронизации.	400 В ~ 10 А 3 индикаторные лампы, синхроноскоп	319	285
Реостат Предназначен для изменения активного сопротивления электрической цепи. Регулируется вручную.	2х0..100 Ом 1 А	323.2	285
Индуктивная нагрузка Предназначена для моделирования однофазных и трехфазных потребителей реактивной мощности. Регулируется вручную.	220 В 50Гц 3х0...40 Вар	324.2	285
Коннектор Предназначен для обеспечения удобного доступа к входам/выходам платы ввода/вывода данных PCI 6023E (PCI 6024E) персонального компьютера.	8 аналоговых диф. входов; 2 аналоговых выхода; 8 цифровых входов/выходов	330	285
Трехфазная трансформаторная группа Предназначена для преобразования энергии однофазного/трехфазного тока. Коэффициент трансформации регулируется вручную.	3×80 В·А 230 В/242,235, 230, 226, 220, 133, 127 В	347.1	285
Блок измерительных трансформаторов тока и напряжения Предназначен для получения нормированных гальванически не связанных с сетью сигналов, пропорциональных синусоидальным токам и напряжениям промышленной частоты.	3 трансформатора напряжения 600/3В; 3 трансформатора тока 0,3 А/3 В	401.1	142,5
Блок датчиков тока и напряжения Предназначен для получения нормированных гальванически не связанных с сетью сигналов, пропорциональных токам и напряжениям.	3 датчика напряжения ±100; 1000 В / ±5 В 3 датчика тока ±1; 5 А / ±5 В	402.3	142,5
Измеритель напряжений и частот Предназначен для измерения напряжений и частот переменных напряжений промышленной частоты.	2 вольтметра 0...500 В ~ 2 частотомера 45...55 Гц; 220 В ~	504.2	285
Указатель угла нагрузки синхронной машины Предназначен для измерения и отображе-	-180°...0...180°	505.2	142,5

<p>ния в аналоговой форме угла нагрузки синхронной машины. Имеет выходные гнезда для подключения к ПЭВМ.</p>			
<p>Указатель частоты вращения Предназначен для отображения частоты вращения электрических машин в аналоговой форме. Имеет выходные гнезда для подключения к ПЭВМ.</p>	<p>2000...0...2000 мин⁻¹</p>	506.2	142,5
<p>Измеритель мощностей Предназначен для измерения активной и реактивной мощностей в однофазной цепи, и отображения их в аналоговой форме. Имеет выходные гнезда для подключения к ПЭВМ.</p>	<p>15; 60; 150; 300; 600 В 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 А.</p>	507.2	285
<p>Блок мультиметров Предназначен для измерения токов, напряжений и омических сопротивлений в цепях постоянного или синусоидального токов.</p>	<p>3 мультиметра МУ-60</p>	508.2	285
<p>Персональный компьютер Предназначен для сбора, обработки и отображения режимных параметров процессов, моделируемых на комплекте лабораторного оборудования.</p>	<p>Windows, плата PCI 6023E (PCI 6024E)</p>	550	—

Электрическая схема соединений тепловой защиты машины переменного тока



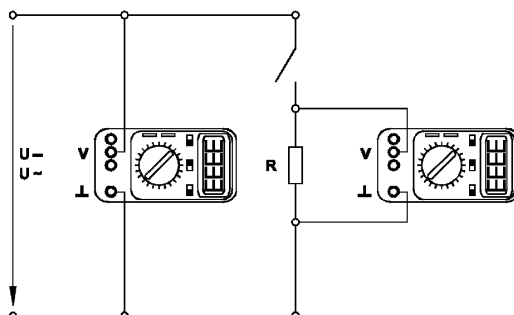
Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
A1	Машина переменного тока	102.1	100 Вт / 230 В ~ / 1500 мин ⁻¹
G1	Трёхфазный источник питания	201.2	400 В ~ / 16 А

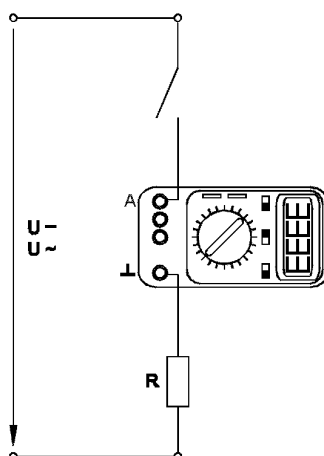
Подготовка и проведение измерений с помощью электронного мультиметра

Для измерения трех базовых электрических величин (тока, напряжения и омического сопротивления) используется мультиметр. До его подключения к цепи необходимо выполнить следующие операции:

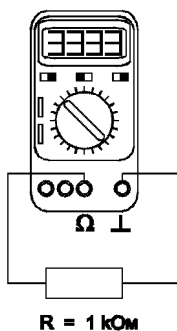
- установить род тока (постоянный/переменный);
- выбрать диапазон измерений соответственно ожидаемому результату измерений;
- правильно подсоединить зажимы мультиметра к измеряемой цепи.



Присоединение мультиметра (как вольтметра) для измерения напряжения



Присоединение мультиметра (как амперметра) для измерения тока



Присоединение мультиметра (как омметра) для измерения омического сопротивления

Порядок работы с оригинальными программными продуктами

Общие сведения

В программное обеспечение учебного лабораторного комплекса «Электрические машины» входят три программных продукта – «Многоканальный осциллограф», «Регистратор режимных параметров машины постоянного тока» и «Регистратор режимных параметров машины переменного тока». Для работы этих программ необходимо наличие установленного драйвера Ni-DAQ платы PCI 6023E или PCI 6024E версии не ниже 7.0.1 с включенной поддержкой Microsoft Visual Basic.

Для того чтобы установить вышеупомянутый драйвер, запустите программу его установки с прилагаемого компакт-диска фирмы National Instruments. В ветви «Traditional Ni-DAQ» появляющегося на одном из этапов установки дерева выберите «установить поддержку Microsoft Visual Basic». Откажитесь от установки «Ni-DAQmx», «Ni-Switch» и пр. (список компонентов может меняться от версии к версии).

После перезагрузки компьютера плата сбора данных должна определиться. Запустите «Measurement & Automation Explorer» и пройдите по ветвям «My System / Devices and Interfaces / Traditional Ni-DAQ Devices / PCI-602*E (device1)» дерева, отображаемого слева. На последней ветке щелкните правой кнопкой мыши и в выпадающем контекстном меню выберите пункт «Test Panel». Наличие «жизни» в тестовой панели означает, что драйвер платы установлен корректно.

Пройдите по ветвям дерева (просто прощелкайте их мышкой) «My System / Software / Measurement Studio / For Visual Basic / * » и по всем вложенным веткам. *Выполнить это необходимо, иначе далее установленные программы работать не будут!* Необходимость в таких действиях вызвана, по-видимому, ошибкой в драйвере Ni-DAQ, появившейся в нем примерно с версии 6.8.

Далее можно приступать к установке программ производства ООО «Учебная техника». Для этого с прилагаемого компакт-диска ООО «Учебная техника» следует запустить файлы D:\Осциллограф\Инсталлятор\setup.exe и D:\Машины\Инсталлятор\setup.exe (имеется в виду, что CD-ROM в системе обозначен буквой D). Кроме того, следует скопировать в системный каталог WINDOWS поставляемый вместе с ПО ключ «study.key» (системным каталогом в Windows 98, Windows XP и Windows Millennium обычно является C:\Windows, в Windows NT и Windows 2000 C:\WINNT). Если ключа нет на прилагаемом компакт диске, следует получить его в ООО «Учебная техника». *Без ключа программное обеспечение работать не будет!* Установленное программное обеспечение можно запускать через кнопку Пуск -> Программы -> Учебная техника.

Пожелания и предложения по программному обеспечению ООО «Учебная техника» можно высказать, связавшись с его разработчиками: soft@electolab.ru, karpesh@mail.ru.

Описание работы с программой «Многоканальный осциллограф»

Программа «Многоканальный осциллограф» является виртуальным аналогом реальных приборов и обладает широкими функциональными возможностями. Программа предназначена для регистрации и отображения различных аналоговых сигналов в удобной для пользователя форме. Программа «Многоканальный осциллограф» является универсальной и может использоваться совместно со многими лабораторными комплексами производства ООО «Учебная техника».

«Осциллограф» имеет четыре одинаковых канала, каждый из которых может быть сопоставлен с любым физическим каналом аналогового ввода платы. Каналы платы должны быть настроены на дифференциальный режим работы.

Каждый из каналов осциллографа может быть включен или выключен, иметь свой собственный коэффициент деления, быть «прямым» или «инверсным», иметь «открытый» или «закрытый» вход (т.е. сохранять или отрезать постоянную составляющую сигнала). Кроме того, сигнал любого канала можно «сгладить» (применяется для наблюдения зашумленных сигналов), отобразить определенным цветом, сдвинуть по вертикали.

Имеется два способа синхронизации картинки на экране осциллографа. Первый из них, «50 Гц» применяется для наблюдения сигналов, частота которых кратна 50 Гц. В этом режиме частоту синхронизации можно менять в небольших пределах, нажимая на кнопки с красными стрелками. Нажатием на правую стрелку можно заставить «бежать» картинку вправо, нажатием на левую – влево.

Второй способ синхронизации – классическая синхронизация по какому-либо каналу. Здесь можно выбрать номер канала, по которому будет производиться синхронизация, а также уровень синхронизирующего напряжения.

По оси времени картинку на экране осциллографа можно растянуть или сжать, задавая тот или иной масштаб по горизонтали, а также сдвинуть вправо или влево соответствующим движком.

Осциллограф может работать также в режиме XY. В этом случае можно задать номера каналов, сопоставленных с осями X и Y, а также цвет отображаемой линии.

В любой момент сканирование аналоговых каналов можно остановить. При этом картинка на экране осциллографа «заморозится». Полученные осциллограммы можно теперь также, как и до «замораживания» масштабировать, менять цвета линий и пр.

Осциллограф можно использовать в режиме запоминания, для чего в окне «Параметры» должна быть поставлена соответствующая галочка. В этом случае программа во время сканирования будет непрерывно сохранять данные в циклический буфер. Его содержимое можно отобразить *после остановки сканирования*. Существует возможность изменять порядок отображения запомненных кривых.

Осциллограф может вычислять интегральные значения принимаемых сигналов. Для включения этого режима нужно нажать соответствующую кнопку.

Программа позволяет сохранять осциллограммы в файлы. Сохранение может быть произведено двумя способами – в текстовый файл или в файл собственного формата *.osc. В первом случае в созданном файле будет находиться таблица значений точек каналов, которую можно затем экспортировать в Excel. Во втором случае в сохраненном файле будет содержаться информация об осциллограммах, о положениях органов управления и пр. Сохраненный файл можно снова загрузить в «Осциллограф» и выполнять все те же действия, что и с «замороженной» осциллограммой.

Расширение *.osc регистрируется в Windows при установке программы либо путем вызова соответствующего пункта меню.

«Многоканальный осциллограф» может гибко настраиваться на определенную скорость сканирования и нужное быстроедействие. При установке параметров сканирования можно исходить из следующих соображений.

Частота сканирования должна находиться в пределах 1000 – 50000 герц. Если необходимо рассмотреть мелкие (по частоте) подробности сигнала (например, интервалы коммутации тиристоров в схемах силовой электроники), то частоту сканирования целесообразно задавать относительно высокую, если же форма сигнала не слишком интересна (например, заведомо известно, что сигналы – синусоиды), то частоту сканирования можно задать относительно низкую. Необходимо иметь в виду, что при установке высокой частоты сканирования быстроедействие программы снижается, поэтому иногда целесообразно оставлять включенным лишь один канал.

Частоту обновления осциллограмм следует устанавливать в пределах 5...50 Гц. При этом необходимо иметь в виду, что если частота сканирования, деленная на частоту обновления осциллограмм, не кратна 50 Гц, то режим синхронизации «50 Гц» работать не будет. Также нужно учитывать, что чем выше частота обновления осциллограмм, тем быстрее реагирует

осциллограф на изменение режима схемы; тем меньший по длине отрезок времени отображается на экране; тем сильнее нагружается система. Верно и обратное утверждение.

На графиках осциллографа отображается каждая N -ная точка. Число N задается в пределах от 1 до 10. Чем выше N , тем менее подробно строятся графики и тем меньше загружается система. Верно и обратное утверждение.

Опцию «Запоминать последние N секунд процесса» следует устанавливать в диапазоне 1...20 с. Опцию «Отображать каждую N -ную точку» (на вкладке «Запоминание») - в диапазоне 1...10 с. Чем больше время запоминания, тем больше используется оперативная память компьютера и тем дольше отображается записанный в память процесс. Чем больше число N , тем менее подробно и более быстро происходит отображение. Верны и обратные утверждения.

Для некоторого увеличения общего быстродействия программы рекомендуется отключать режим запоминания.

Ниже перечислены неочевидные возможности интерфейса программы, а также некоторые замечания.

- Двойным щелчком мыши можно устанавливать в ноль регуляторы смещения картинки по горизонтали и по вертикали.
- Щелчок мыши на осях графика вызывает окно настройки соответствующей оси.
- В этом окне, помимо всего прочего, можно включить или отключить отображение нулевых линий.
- Масштабирование осциллограмм производится путем нажатия на графике левой клавиши мыши и, не отпуская ее, перемещения манипулятора слева направо и сверху вниз. Возврат к начальному масштабу осуществляется обратным перемещением манипулятора – справа налево и снизу вверх.
- Двигать график осциллограмм относительно осей координат можно путем нажатия и удержания на нем правой кнопки мыши и ее одновременного перемещения в нужную сторону.
- Для удобства определения значений величин на экране отображаются текущие координаты указателя мыши.
- Регулятор уровня синхронизации проградуирован в единицах графика.
- Делители напряжения каналов и временной делитель проградуированы по отношению к одной единице графика (например, положение 500 мВ означает, что одна единица (не клетка!) графика соответствует 500 мВ).
- Параметры сканирования по умолчанию можно установить, выбрав соответствующий пункт меню «Настройка».
- Аналогичным образом можно зарегистрировать расширение «*.osc».
- Аналогичным образом можно вернуть все органы управления в исходное положение.
- Цвет того или иного графика можно выбрать, щелкнув «мышкой» по соответствующей кнопке выбора цвета.
- Отображение интегральных (средних, действующих, средневыпрямленных, максимальных, минимальных, амплитудных) значений сигналов можно включить, нажав на соответствующую кнопку.
- В режиме запоминания осциллограммы можно сглаживать, причем существуют два режима сглаживания - обычное, предназначенное для сглаживания случайных помех, и сильное (x10), предназначенное для сглаживания частот, сравнимых с 50 Гц. Следует, однако, всегда понимать, что *любое сглаживание в общем случае искажает форму снятых зависимостей*.
- В режиме запоминания можно также менять порядок отображения графиков (т.е. вывести какую-либо кривую поверх остальных).

Описание работы с программами «Регистратор режимных параметров машины постоянного тока» и «Регистратор режимных параметров машины переменного тока»

Программы-регистраторы предназначены для регистрации и отображения специфических параметров электрических машин в удобной для пользователя форме. Программы не имеют практически никаких настроек и обладают простым, удобным и интуитивно понятным интерфейсом.

Необходимым условием правильной работы программ является правильное подключение к коннектору (код 330) аналоговых сигналов. Для удобства пользования, кроме схем данного руководства краткая информация по подключению сигналов имеется в самих программах.

Кроме того, для машины постоянного тока необходимо правильно задавать режим ее возбуждения.

Регистратор режимных параметров машины постоянного тока в реальном времени отображает зависимости от времени напряжения и тока якорной обмотки, частоты вращения и электромагнитного момента машины, а также – ее механическую характеристику (зависимость частоты вращения от электромагнитного момента).

Регистратор режимных параметров машины переменного тока в реальном времени отображает зависимости от времени тока статорной обмотки, частоты вращения и электромагнитного момента машины, а также – ее механическую характеристику (зависимость частоты вращения от электромагнитного момента).

Ниже перечислены неочевидные возможности интерфейса программы, а также некоторые замечания.

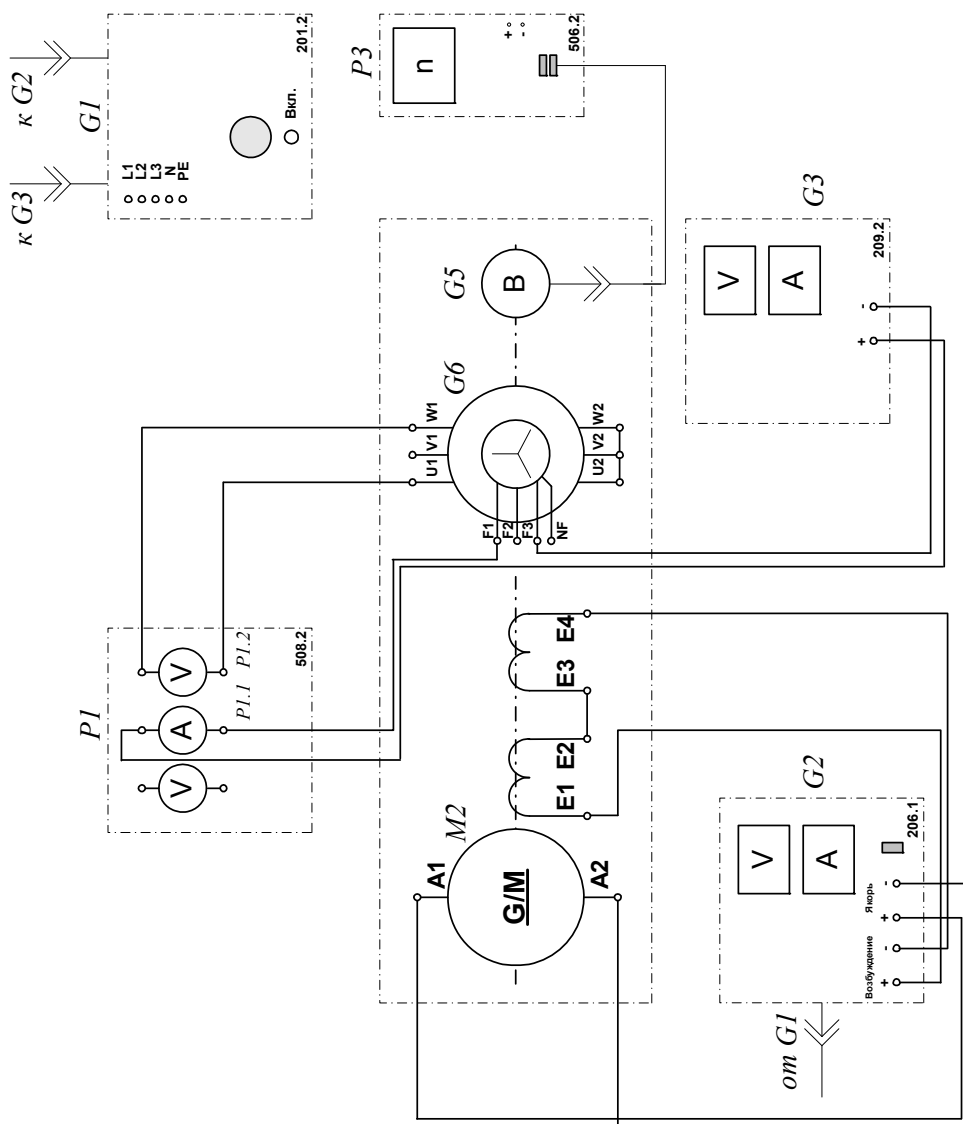
- Масштабирование осциллограмм производится путем нажатия на графике левой клавиши мыши и, не отпуская ее, перемещения манипулятора слева направо и сверху вниз. Возврат к начальному масштабу осуществляется обратным перемещением манипулятора – справа налево и снизу вверх.
- Двигать график осциллограмм относительно осей координат можно путем нажатия и удержания на нем правой кнопки мыши и ее одновременного перемещения в нужную сторону.
- Для удобства определения значений величин на экране отображаются текущие координаты указателя мыши.
- Очистить область построения механической характеристики можно, нажав на соответствующую виртуальную кнопку или нажав клавишу «Пробел».

1. ТРЕХФАЗНЫЕ СИНХРОННЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

5.1. Снятие характеристики холостого хода $E_0=f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора

- Электрическая схема соединений
- Перечень аппаратуры
- Описание электрической схемы соединений
- Указания по проведению эксперимента

Электрическая схема соединений



Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трехфазный источник питания	201.2	$\sim 400 \text{ В} / 16 \text{ А}$
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	$- 0 \dots 250 \text{ В} / 3 \text{ А}$ (якорь) / $- 200 \text{ В} / 1 \text{ А}$ (возбуждение)
G3	Возбудитель синхронной машины	209.2	$- 0 \dots 40 \text{ В} / 3,5 \text{ А}$
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Машина переменного тока	102.1	$100 \text{ Вт} / \sim 230 \text{ В} / 1500 \text{ мин}^{-1}$
M2	Машина постоянного тока	101.2	$90 \text{ Вт} / 220 \text{ В} / 0,56 \text{ А}$ (якорь) / $2 \times 110 \text{ В} / 0,25 \text{ А}$ (возбуждение)
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра $\approx 0 \dots 1000 \text{ В} /$ $\approx 0 \dots 10 \text{ А} /$ $0 \dots 20 \text{ МОм}$
P3	Указатель частоты вращения	506.2	$-2000 \dots 0 \dots 2000 \text{ мин}^{-1}$

Описание электрической схемы соединений

Источник G1 - источник синусоидального напряжения промышленной частоты.

Источник питания двигателя постоянного тока G2 используется для питания регулируемым напряжением якорной обмотки и нерегулируемым напряжением обмотки возбуждения машины постоянного тока M2, работающей в режиме двигателя с независимым возбуждением.

Возбудитель G3 служит для питания обмотки возбуждения машины переменного тока G6, работающей в режиме синхронного генератора.

Преобразователь угловых перемещений G5 генерирует импульсы, поступающие на вход указателя частоты вращения P3 электромашинного агрегата.

С помощью мультиметров блока P1 контролируются ток возбуждения I_f и э.д.с. E_0 испытуемого синхронного генератора G6.

Указания по проведению эксперимента


- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока (стр. 14).
- Соедините гнезда защитного заземления " " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Переключатели режима работы источника G2 и возбудителя G3 установите в положение "РУЧН."
- Регулировочные рукоятки источника G2 и возбудителя G3 поверните против часовой стрелки до упора.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и указателя частоты вращения P3.
- Активизируйте мультиметры блока P1, задействованные в эксперименте.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, разгоните двигатель M2 (генератор G6) до частоты 1500 мин^{-1} и поддерживайте ее в ходе эксперимента неизменной.
- Включите выключатель «СЕТЬ» и нажмите кнопку "ВКЛ." возбудителя G3.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3, изменяйте ток возбуждения I_f генератора G6 в диапазоне $0 \dots 2 \text{ А}$ и заносите показания амперметра P1.1 (ток I_f) и вольтметра P1.2 (э.д.с. E_0 синхронного генератора G6) в таблицу 5.1.1.

Таблица 5.1.1.

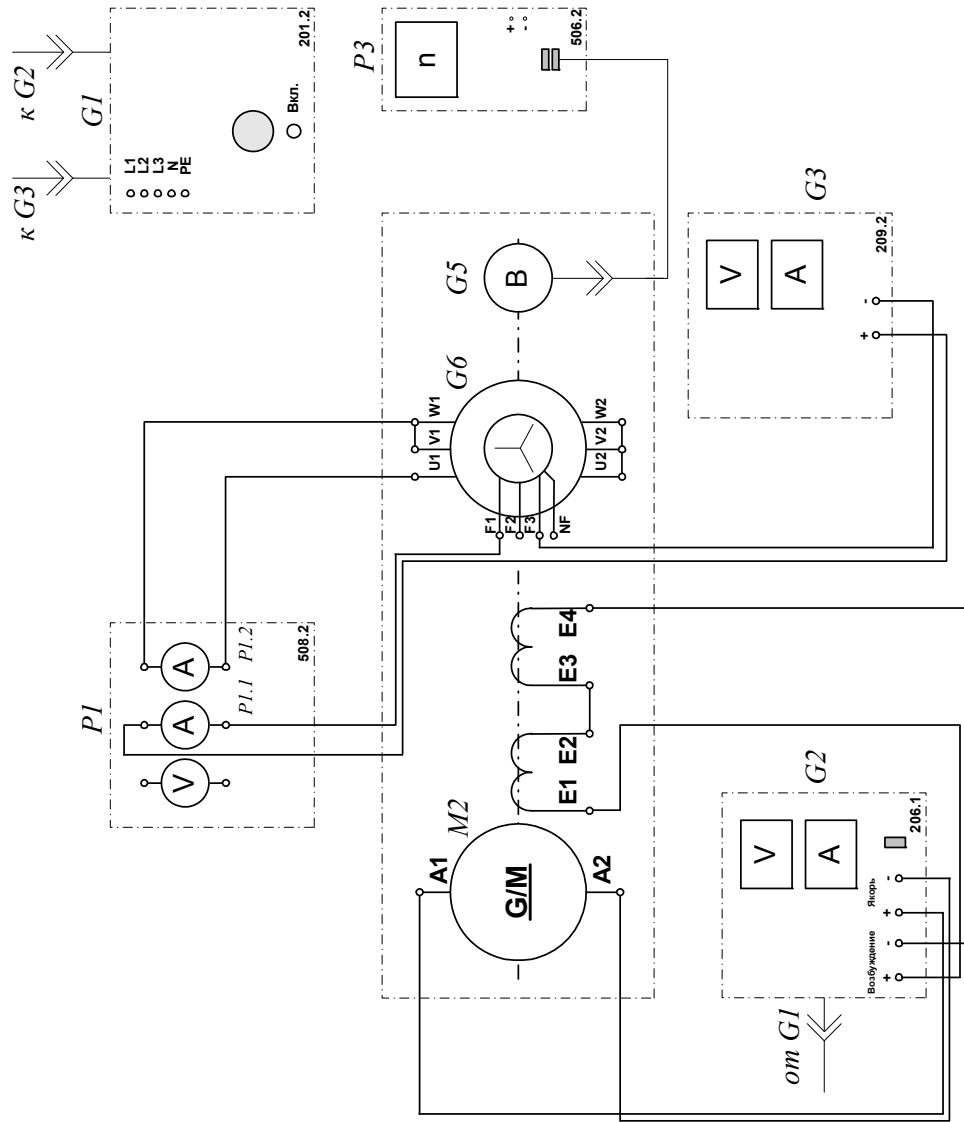
$I_f, \text{ А}$										
$E_0, \text{ В}$										

- По завершении эксперимента первоначально у возбудителя G3, а затем и у источника G2 поверните регулировочную рукоятку против часовой стрелки до упора, нажмите кнопку "ОТКЛ." и отключите выключатель "СЕТЬ". Отключите источник G1 нажатием на кнопку – гриб, и последующим отключением ключа – выключателя. Отключите выключатели "СЕТЬ" блока мультиметров P1 и указателя частоты вращения P3.
- Используя результаты табл. 5.1.1, постройте искомую характеристику холостого хода $E_0 = f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора.

5.2. Снятие характеристики короткого замыкания $I_K=f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора

- Электрическая схема соединений
- Перечень аппаратуры
- Описание электрической схемы соединений
- Указания по проведению эксперимента

Электрическая схема соединений



Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трехфазный источник питания	201.2	~ 400 В / 16 А
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	– 0...250 В / 3 А (якорь) / – 200 В / 1 А (возбуждение)
G3	Возбудитель синхронной машины	209.2	– 0...40 В / 3,5 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Машина переменного тока	102.1	100 Вт / ~ 230 В / 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	101.2	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра $\approx 0...1000$ В / $\approx 0...10$ А / 0...20 МОм
P3	Указатель частоты вращения	506.2	-2000...0...2000 мин ⁻¹

Описание электрической схемы соединений

Источник G1 - источник синусоидального напряжения промышленной частоты.

Источник питания двигателя постоянного тока G2 используется для питания регулируемым напряжением якорной обмотки и нерегулируемым напряжением обмотки возбуждения машины постоянного тока M2, работающей в режиме двигателя с независимым возбуждением.

Возбудитель G3 служит для питания обмотки возбуждения машины переменного тока G6, работающей в режиме синхронного генератора.

Преобразователь угловых перемещений G5 генерирует импульсы, поступающие на вход указателя частоты вращения P3 электромашинного агрегата.

С помощью мультиметров блока P1 контролируются ток возбуждения I_f и ток I_k статорной обмотки испытуемого синхронного генератора G6.

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока (стр. 14).
- Соедините гнезда защитного заземления " \oplus " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Переключатели режима работы источника G2 и возбuditеля G3 установите в положение "РУЧН."
- Регулировочные рукоятки источника G2 и возбuditеля G3 поверните против часовой стрелки до упора.
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и указателя частоты вращения P3.
- Активизируйте мультиметры блока P1, задействованные в эксперименте.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, разгоните двигатель M2 (генератор G6) до частоты 1500 мин^{-1} и поддерживайте ее в ходе эксперимента неизменной.
- Включите выключатель «СЕТЬ» и нажмите кнопку "ВКЛ." возбuditеля G3.
- Вращая регулировочную рукоятку возбuditеля G3, изменяйте ток возбуждения I_f генератора G6 в диапазоне $0 \dots 2 \text{ А}$ и заносите показания амперметров P1.1 (ток I_f) и P1.2 (ток I_K статорной обмотки синхронного генератора G6) в таблицу 5.2.1.

Таблица 5.2.1.

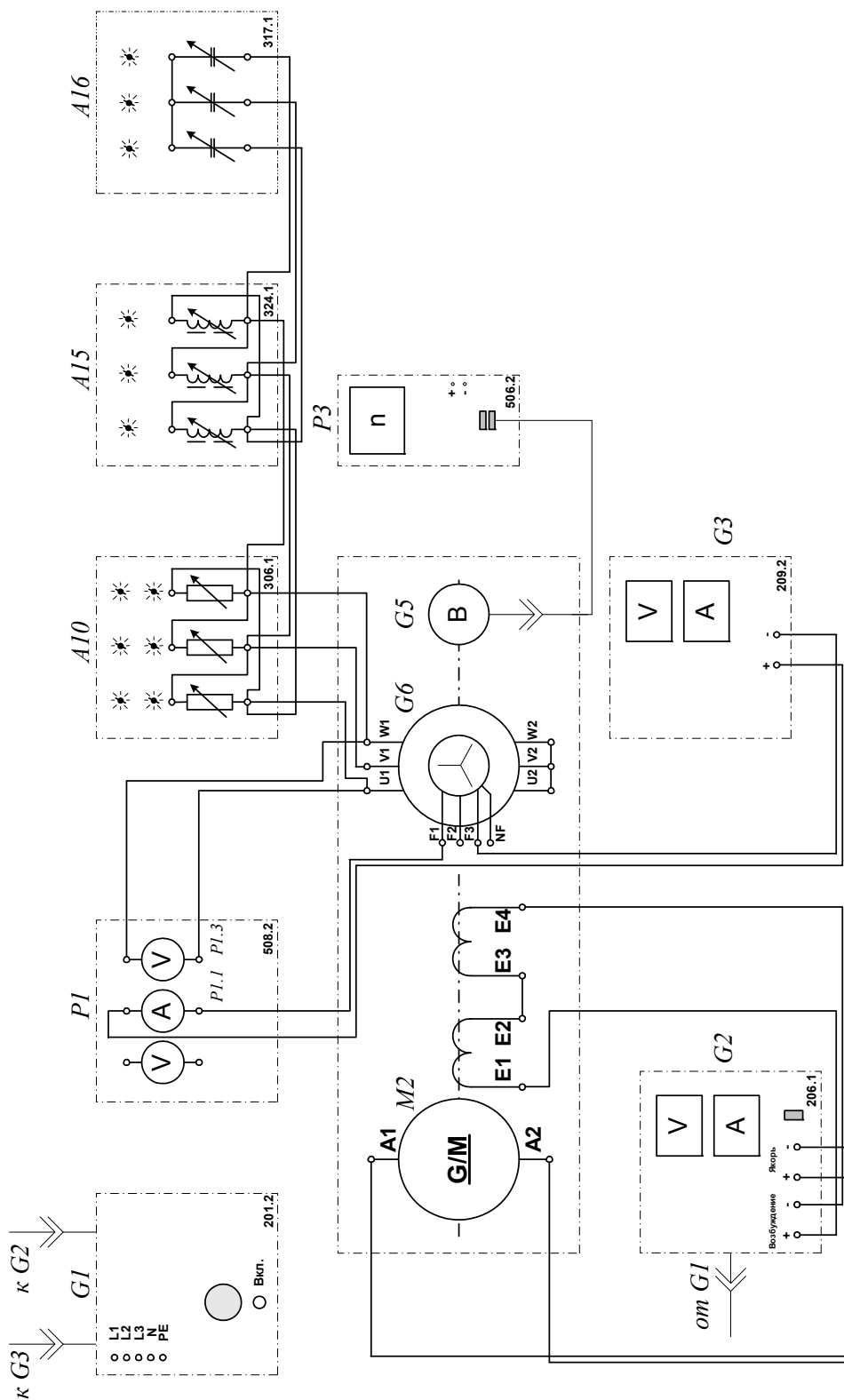
$I_f, \text{ А}$										
$I_K, \text{ А}$										

- По завершении эксперимента первоначально у возбuditеля G3, а затем и у источника G2 поверните регулировочную рукоятку против часовой стрелки до упора, нажмите кнопку "ОТКЛ." и отключите выключатель "СЕТЬ". Отключите источник G1 нажатием на кнопку – грибок, и последующим отключением ключа – выключателя. Отключите выключатели "СЕТЬ" блока мультиметров P1 и указателя частоты вращения P3.
- Используя результаты табл. 5.2.1, постройте искомую характеристику короткого замыкания $I_K=f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора.

5.3. Снятие внешней $U=f(I)$, регулировочной $I_f=f(I)$ и нагрузочной $U=f(I_f)$ характеристик трехфазного синхронного генератора

- Электрическая схема соединений
- Перечень аппаратуры
- Описание электрической схемы соединений
- Указания по проведению эксперимента

Электрическая схема соединений



Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трехфазный источник питания	201.2	$\sim 400 \text{ В} / 16 \text{ А}$
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	$- 0 \dots 250 \text{ В} / 3 \text{ А (якорь)} / - 200 \text{ В} / 1 \text{ А (возбуждение)}$
G3	Возбудитель синхронной машины	209.2	$- 0 \dots 40 \text{ В} / 3,5 \text{ А}$
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Машина переменного тока	102.1	$100 \text{ Вт} / \sim 230 \text{ В} / 1500 \text{ мин}^{-1}$
M2	Машина постоянного тока	101.2	$90 \text{ Вт} / 220 \text{ В} / 0,56 \text{ А (якорь)} / 2 \times 110 \text{ В} / 0,25 \text{ А (возбуждение)}$
A10	Активная нагрузка	306.1	$220 \text{ В} / 3 \times 0 \dots 50 \text{ Вт};$
A15	Индуктивная нагрузка	324.2	$220 \text{ В} / 3 \times 0 \dots 40 \text{ ВАр};$
A16	Емкостная нагрузка	317.2	$220 \text{ В} / 3 \times 0 \dots 40 \text{ ВАр};$
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра $\approx 0 \dots 1000 \text{ В} /$ $\approx 0 \dots 10 \text{ А} /$ $0 \dots 20 \text{ МОм}$
P3	Указатель частоты вращения	506.2	$-2000 \dots 0 \dots 2000 \text{ мин}^{-1}$

Описание электрической схемы соединений

Источник G1 - источник синусоидального напряжения промышленной частоты.

Источник питания двигателя постоянного тока G2 используется для питания регулируемым напряжением якорной обмотки и нерегулируемым напряжением обмотки возбуждения машины постоянного тока M2, работающей в режиме двигателя с независимым возбуждением.

Возбудитель G3 служит для питания обмотки возбуждения машины переменного тока G6, работающей в режиме синхронного генератора.

Преобразователь угловых перемещений G5 генерирует импульсы, поступающие на вход указателя частоты вращения P3 электромашинного агрегата.

Нагрузки - активная A10, индуктивная A15 и емкостная A16 используются для нагружения синхронного генератора G6.

С помощью мультиметров блока P1 контролируются ток возбуждения I_f , ток I статорной обмотки и линейное напряжение U испытуемого синхронного генератора G6.

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока (стр. 14).
- Соедините гнезда защитного заземления " ⏚ " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Переключатели режима работы источника G2 и возбудителя G3 установите в положение "РУЧН".
- Регулировочные рукоятки источника G2 и возбудителя G3 поверните против часовой стрелки до упора.
- Установите регулировочные рукоятки активной нагрузки A10 (индуктивной нагрузки A15 / емкостной нагрузки A17) в положение "0%".
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и указателя частоты вращения P3.
- Активизируйте мультиметры блока P1, задействованные в эксперименте.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, разгоните двигатель M2 (генератор G6) до частоты 1500 мин^{-1} и поддерживайте ее в ходе эксперимента неизменной.
- Включите выключатель «СЕТЬ» и нажмите кнопку "ВКЛ." возбудителя G3.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3, установите ток возбуждения I_f , при котором междуфазное напряжение U генератора G6 будет равно 230 В.
- Перемещая синфазно регулировочные рукоятки активной нагрузки A10 (индуктивной нагрузки A15 / емкостной нагрузки A16), изменяйте ток I статорной обмотки генератора G6 в диапазоне $0 \dots 0,25 \text{ А}$ и заносите показания амперметра P1.2 (ток I) и вольтметра P1.3 (напряжение U) в таблицу 5.4.1.

Таблица 5.4.1

I, А										
U, В										

- Верните регулировочные рукоятки активной нагрузки A1 (индуктивной нагрузки A15 / емкостной нагрузки A17) в положение "0%".
- Синфазно поворачивая регулировочные рукоятки активной нагрузки A1 (индуктивной нагрузки A15 / емкостной нагрузки A16) и поддерживая напряжение U генератора G4 равным 230 В, путем регулирования его тока возбуждения I_f , изменяйте ток I статорной обмотки генератора G6 в диапазоне $0 \dots 0,25 \text{ А}$ и заносите показания амперметров P1.1 (ток I_f), P1.2 (ток I) в таблицу 5.4.2.

Таблица 5.4.2

I, А										
I_f, А										

- Верните регулировочные рукоятки активной нагрузки A1 (индуктивной нагрузки A15 / емкостной нагрузки A17) в положение "0%".
- Соедините фазы емкостной нагрузки по схеме «треугольник».
- Поверните регулировочную рукоятку возбудителя G3 против часовой стрелки до упора.

- Закоротите активную нагрузку А1 (индуктивную нагрузку А15 / емкостную нагрузку А17).
- Увеличивая ток возбуждения I_f генератора G3, установите ток I статорной обмотки генератора G6 равным, например, 0,05 А и занесите показания амперметра P1.1 (ток I_f) и вольтметра P1.3 (напряжение U) в таблицу 5.4.3.
- Поверните регулировочную рукоятку возбудителя G3 против часовой стрелки до упора.
- Раскоротите активную нагрузку А1 (индуктивную нагрузку А15 / емкостную нагрузку А17).
- Установите регулировочные рукоятки активной нагрузки А1 (индуктивной нагрузки А15 / емкостной нагрузки А17) в положение "100%".
- Синфазно поворачивая против часовой стрелки регулировочные рукоятки активной нагрузки А10 (индуктивной нагрузки А15 / емкостной нагрузки А16) и поддерживая неизменным, например, равным 0,05 А ток I статорной обмотки генератора G6 путем регулирования его тока возбуждения I_f , изменяйте напряжение U статорной обмотки генератора G6 (не превышая значения 250 В) и заносите показания амперметра P1.1 (ток I_f) и вольтметра P1.3 (напряжение U) в таблицу 5.4.3.

Таблица 5.4.3

I_f, A										
U, B										

- По завершении эксперимента первоначально у возбудителя G3, а затем и у источника G2 поверните регулировочную рукоятку против часовой стрелки до упора, нажмите кнопку "ОТКЛ." и отключите выключатель "СЕТЬ". Отключите источник G1 нажатием на кнопку – гриб, и последующим отключением ключа – выключателя. Отключите выключатели "СЕТЬ" блока мультиметров P1 и указателя частоты вращения P3.
- Используя результаты таблиц 5.4.1...5.4.3, постройте искомые характеристики трехфазного синхронного генератора G6 при активном (индуктивном / емкостном) характере его нагрузки:
 - внешнюю $U = f(I)$ при $n = \text{const}$, $I_f = \text{const}$ (табл. 5.4.1.);
 - регулировочную $I_f = f(I)$ при $n = \text{const}$, $U = \text{const}$ (табл. 5.4.2.);
 - нагрузочную $U = f(I_f)$ при $n = \text{const}$, $I = \text{const}$ (табл. 5.4.3.).

5.4. Подключение к сети трехфазного синхронного генератора методом точной синхронизации

- Электрическая схема соединений
- Перечень аппаратуры
- Описание электрической схемы соединений
- Указания по проведению эксперимента

Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трехфазный источник питания	201.2	~ 400 В / 16 А
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	– 0...250 В / 3 А (якорь) / – 200 В / 1 А (возбуждение)
G3	Возбудитель синхронной машины	209.2	– 0...40 В / 3,5 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Машина переменного тока	102.1	100 Вт / ~ 230 В / 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	101.2	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
A2	Трёхфазная трансформаторная группа	347.1	3×80 В·А; 230 В/242,235, 230, 226, 220, 133, 127 В
A6	Трехполюсный выключатель	301.1	~ 400 В / 10 А
A17	Блок синхронизации	319	~ 400 В; 2 А; 3 индикаторные лампы; синхроскоп
P2	Измеритель мощностей	507.2	15; 60; 150; 300; 600 В / 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 А.
P3	Указатель частоты вращения	506.2	-2000...0...2000 мин ⁻¹
P4	Измеритель напряжений и частот	504.1	~ 0...500 В; 45...55 Гц, ~ 220 В

Описание электрической схемы соединений

Источник G1 - источник синусоидального напряжения промышленной частоты.

Источник питания двигателя постоянного тока G2 используется для питания регулируемым напряжением якорной обмотки и нерегулируемым напряжением обмотки возбуждения машины постоянного тока M2, работающей в режиме двигателя с независимым возбуждением.

Возбудитель G3 служит для питания обмотки возбуждения машины переменного тока G6, работающей в режиме синхронного генератора.

Синхронный генератор G6 связан с сетью (источником G1) через блок синхронизации A17, трехфазную трансформаторную группу A2 и выключатель A6.

Преобразователь угловых перемещений G5 генерирует импульсы, поступающие на вход указателя частоты вращения P3 электромашинного агрегата.

С помощью измерителя P2 контролируются активная и реактивная мощности, развиваемые испытуемым генератором G6.

С помощью измерителя P4 контролируются напряжения и их частоты со стороны генератора G6 и со стороны электрической сети.

Указания по проведению эксперимента


- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока (стр. 14).
- Соедините гнезда защитного заземления "" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Переключатели режима работы источника G2, возбудителя G3, выключателя А6 и блока синхронизации А17 переведите в положение "РУЧН."
- Регулировочные рукоятки источника G2 и возбудителя G3 поверните против часовой стрелки до упора.
- Установите переключателем в трехфазной трансформаторной группе А2 номинальные напряжения: вторичных обмоток трансформаторов – 220 В.
- Включите выключатели "СЕТЬ" выключателя А6, блока синхронизации А18, измерителя мощностей Р2 и указателя Р3.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, установите частоту вращения двигателя М2 (генератора G6) 1500 мин⁻¹.
- Включите выключатель А6 нажатием на кнопку "ВКЛ" на его передней панели.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." возбудителя G3.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3, установите напряжение между фазами (линейное) генератора G6 равным напряжению между одноименными фазами сети.
- Обеспечьте условия синхронизации согласно табл. 5.4.1, после чего, нажатием на кнопку "ВКЛ." блока синхронизации А17, подключите генератор G6 к сети.
- Убедитесь, что генератор G6 вошел в режим синхронной работы с сетью, о чем должно свидетельствовать отсутствие колебаний значений его режимных параметров.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, нагрузите генератор G6 активной мощностью, например, до 30 Вт, которую определяйте утроением показаний ваттметра измерителя Р2.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3, нагрузите генератор G6 реактивной мощностью с отстающим (опережающим) коэффициентом мощности, например, до 30 ВАр, которую определяйте утроением показаний варметра измерителя Р2.
- Для отключения генератора G6 от сети: разгрузите его по активной и реактивной мощностям, нажмите кнопку "ОТКЛ." блока синхронизации А17, поверните регулировочные рукоятки сначала у возбудителя G3, а затем у источника G2 против часовой стрелки до упора, отключите выключатели "СЕТЬ" блоков, задействованных в эксперименте, отключите источник G1 нажатием на кнопку – гриб и последующим отключением ключа – выключателя.

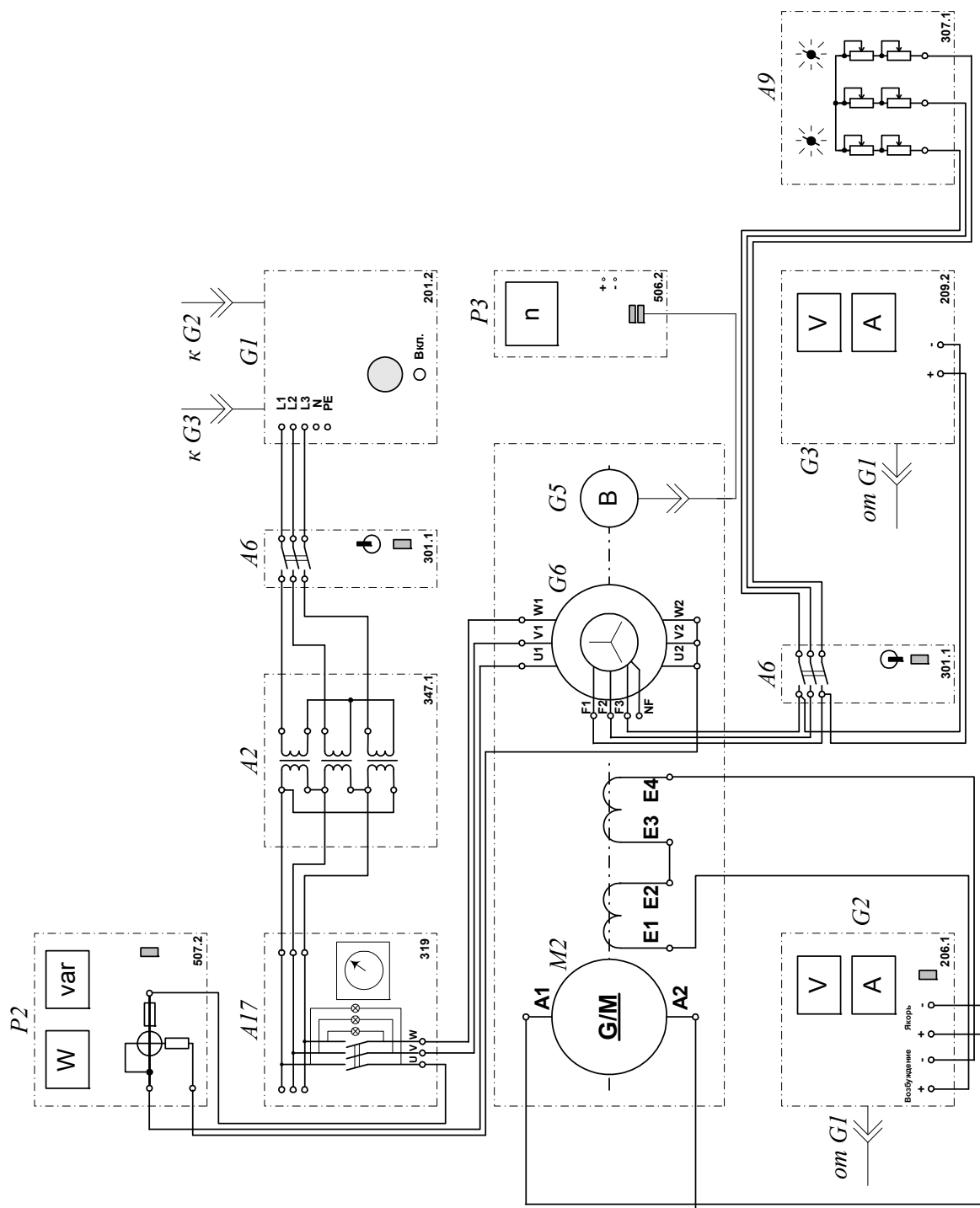
Таблица 5.4.1

Условие	Средство контроля	Критерий выполнения условия	Критерий невыполнения условия	Рекомендации по выполнению условия
Равенство напряжений синхронного генератора и сети	Вольтметры со стороны синхронного генератора и сети	Напряжения со стороны синхронного генератора и сети равны	Напряжения со стороны синхронного генератора и сети не равны	Регулировать напряжения возбуждения синхронного генератора до момента выравнивания напряжений со стороны синхронного генератора и сети
Одинаковое чередование фаз напряжений синхронного генератора и сети	Лампы в разрывах фаз	Лампы в фазах: периодически одновременно загораются и гаснут (частоты напряжений не равны); горят (напряжения в противофазе); не горят (напряжения синфазные)	Лампы в фазах периодически не одновременно загораются и гаснут, создавая эффект “кругового огня”	Переключить любые две фазы синхронного генератора
Равенство частот синхронного генератора и сети	Лампы в разрывах фаз или синхроноскоп	Лампы в фазах горят постоянно без мерцания (напряжения в противофазе) или не горят (напряжения синфазные); стрелка синхроноскопа неподвижна	Лампы в фазах загораются с частотой скольжения; стрелка синхроноскопа вращается	Регулировать частоту вращения синхронного генератора
Синфазность напряжений синхронного генератора и сети	Лампы в разрывах фаз или синхроноскоп	Лампы в фазах не горят; стрелка синхроноскопа смотрит вверх	Лампы в фазах горят; стрелка синхроноскопа не смотрит вверх	Регулировать частоту вращения синхронного генератора до погасания ламп

5.5. Подключение к сети трехфазного синхронного генератора методом самосинхронизации

- Электрическая схема соединений
- Перечень аппаратуры
- Описание электрической схемы соединений
- Указания по проведению эксперимента

Электрическая схема соединений



Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трехфазный источник питания	201.2	~ 400 В / 16 А
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	– 0...250 В / 3 А (якорь) / – 200 В / 1 А (возбуждение)
G3	Возбудитель синхронной машины	209.2	– 0...40 В / 3,5 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Машина переменного тока	102.1	100 Вт / ~ 230 В / 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	101.2	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
A2	Трёхфазная трансформаторная группа	347.1	3×80 В·А; 230 В/242,235, 230, 226, 220, 133, 127 В
A6	Трёхполюсный выключатель	301.1	~ 400 В / 10 А
A9	Реостат для цепи ротора машины переменного тока	307.1	3 × 0...40 Ом / 1 А
A17	Блок синхронизации	319	~ 400 В; 2 А; 3 индикаторные лампы; синхроноскоп
P2	Измеритель мощностей	507.2	15; 60; 150; 300; 600 В / 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 А.
P3	Указатель частоты вращения	506.2	-2000...0...2000 мин ⁻¹

Описание электрической схемы соединений

Источник G1 - источник синусоидального напряжения промышленной частоты.

Источник питания двигателя постоянного тока G2 используется для питания регулируемым напряжением якорной обмотки и нерегулируемым напряжением обмотки возбуждения машины постоянного тока M2, работающей в режиме двигателя с независимым возбуждением.

Возбудитель G3 служит для питания обмотки возбуждения машины переменного тока G6, работающей в режиме синхронного генератора.

Синхронный генератор G6 связан с сетью (источником G1) через блок синхронизации A17 и трехфазную трансформаторную группу A2.


Преобразователь угловых перемещений G5 генерирует импульсы, поступающие на вход указателя частоты вращения P3 электромашинного агрегата.

Реостат A9 выполняет роль резистора синхронизации и подключается выключателем A6 к обмотке возбуждения синхронного генератора G6 на этапе асинхронного пуска последнего.

С помощью измерителя P2 контролируются активная и реактивная мощности, развиваемые испытуемым генератором G6.

С помощью измерителя P4 контролируются напряжения и их частоты со стороны генератора G6 и со стороны электрической сети.

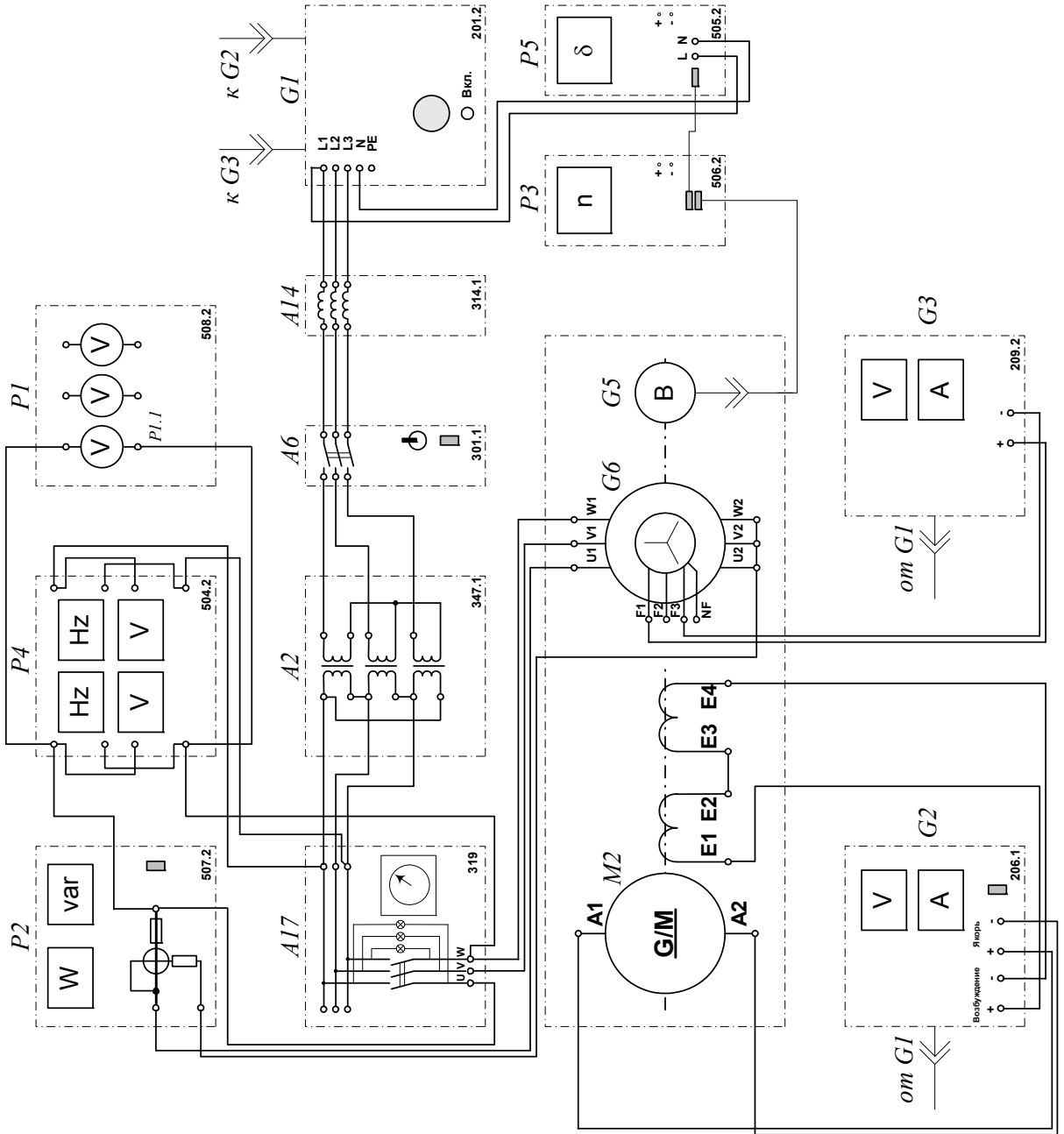
Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока (стр. 14).
- Соедините гнезда защитного заземления " " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Переключатели режима работы источника G2, возбудителя G3, выключателя А6 и блока синхронизации А17 переведите в положение "РУЧН."
- Регулировочные рукоятки источника G2 и возбудителя G3 поверните против часовой стрелки до упора.
- Установите суммарное сопротивление фаз реостата А4, равными 8 Ом.
- Установите переключателем в трехфазной трансформаторной группе А2 номинальные напряжения: вторичных обмоток трансформаторов 220 В
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, установите частоту вращения двигателя М2 (генератора G6) 1500 мин⁻¹.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." возбудителя G3.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3 по часовой стрелке, установите ток возбуждения генератора G6, равным 1,5 А, и убедитесь, что свечение индикаторных ламп блока синхронизации А17 меняется синфазно. В противном случае при эффекте "бегущего огня" переключите любые две фазы генератора G6.
- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» возбудителя G3.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." выключателя А6.
- Подключите генератор G4 к сети путем включения выключателя "СЕТЬ" и нажатия кнопки "ВКЛ." блока синхронизации А17.
- По окончании разгона генератора G6 нажмите кнопку "ВКЛ." возбудителя G3.
- Убедитесь, что генератор G6 вошел в режим синхронной работы с сетью, о чем должно свидетельствовать отсутствие колебаний значений его режимных параметров.
- Отключите выключатель А6 нажатием на кнопку "ОТКЛ."
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, нагрузите генератор G6 активной мощностью, например, до 30 Вт, которую определяйте утроением показаний ваттметра измерителя P2.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3, нагрузите генератор G6 реактивной мощностью с отстающим (опережающим) коэффициентом мощности, например, до 30 ВАр, которую определяйте утроением показаний варметра измерителя P2.
- Для отключения генератора G6 от сети: разгрузите его по активной и реактивной мощностям, нажмите кнопку "ОТКЛ." блока синхронизации А17, поверните регулировочные рукоятки сначала у возбудителя G3, а затем у источника G2 против часовой стрелки до упора, отключите выключатель "СЕТЬ" возбудителя G3, источника G2, блока синхронизации А17, выключателя А6, измерителя P2 и указателя P3, отключите источник G1 нажатием на кнопку – гриб и последующим отключением ключа – выключателя.

5.6. Снятие угловых характеристик $P=f(\delta)$, $Q=f(\delta)$, $U=f(\delta)$ трехфазного синхронного генератора

- Электрическая схема соединений
- Перечень аппаратуры
- Описание электрической схемы соединений
- Указания по проведению эксперимента

Электрическая схема соединений



Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трехфазный источник питания	201.2	~ 400 В / 16 А
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	– 0...250 В / 3 А (якорь) / – 200 В / 1 А (возбуждение)
G3	Возбудитель синхронной машины	209.2	– 0...40 В / 3,5 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Машина переменного тока	102.1	100 Вт / ~ 230 В / 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	101.2	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
A2	Трёхфазная трансформаторная группа	347.1	3×80 В·А; 230 В/242,235, 230, 226, 220, 133, 127 В
A6	Трёхполюсный выключатель	301.1	~ 400 В / 10 А
A14	Линейный реактор	314.2	3 × 0,3 Гн / 0,5 А
A17	Блок синхронизации	319	~ 400 В; 2 А; 3 индикаторные лампы; синхроскоп
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра $\approx 0...1000$ В / $\approx 0...10$ А / 0...20 МОм
P2	Измеритель мощностей	507.2	15; 60; 150; 300; 600 В / 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 А.
P3	Указатель частоты вращения	506.2	-2000...0...2000 мин ⁻¹
P4	Измеритель напряжений и частот	504.1	$\sim 0...500$ В; 45...55 Гц, ~ 220 В
P5	Указатель угла нагрузки синхронной машины	505.2	– 180°...0...180°

Описание электрической схемы соединений

Источник G1 - источник синусоидального напряжения промышленной частоты.

Источник питания двигателя постоянного тока G2 используется для питания регулируемым напряжением якорной обмотки и нерегулируемым напряжением обмотки возбуждения машины постоянного тока M2, работающей в режиме двигателя с независимым возбуждением.

Возбудитель G3 служит для питания обмотки возбуждения машины переменного тока G6, работающей в режиме синхронного генератора.

Синхронный генератор G6 связан с сетью (источником G1) через блок синхронизации A17, трехфазную трансформаторную группу A2, выключатель A6 и линейный реактор A14, моделирующий сопротивление электрической сети.

Преобразователь угловых перемещений G5 генерирует импульсы, поступающие на вход указателя частоты вращения P3 электромашинного агрегата.

С помощью мультиметра блока P1 контролируется линейное напряжение статорной обмотки генератора G6.

С помощью измерителя P2 контролируются активная и реактивная мощности, развиваемые испытуемым генератором G6.

С помощью измерителя P4 контролируются напряжения и их частоты со стороны генератора G6 и со стороны электрической сети.

С помощью указателя P5 контролируется угол нагрузки синхронного генератора G6.

Указания по проведению эксперимента

- Осуществите подключение к сети синхронного генератора G6 методом точной синхронизации в соответствии с указаниями по проведению эксперимента раздела 5.4. настоящего руководства.
- Установите тумблер указателя угла нагрузки P5 в положение «200°».
- Включите выключатель "СЕТЬ" указателя угла нагрузки P5.
- Вращая регулировочные рукоятки источника G2 и возбудителя G3, установите активную P_1 и реактивную Q_1 мощности генератора G6 равными нулю.
- Потенциометрами «ГРУБО» и «ТОЧНО» установите стрелку указателя угла нагрузки P5 на нулевую отметку.
- Установите тумблер указателя угла нагрузки P5 в положение «100°».
- Установите вращением регулировочной рукоятки возбудителя G3 желаемый ток возбуждения I_f генератора G6, например, 1,0 А и не меняйте его в ходе эксперимента.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, изменяйте угол δ нагрузки синхронного генератора G6 в диапазоне $0...90^\circ$ и записывайте показания указателя P5 (угол δ), ваттметра и варметра (активная P_1 и реактивная Q_1 мощности фазы генератора G6) измерителя мощностей P2 и вольтметра (напряжение U генератора G6) блока мультиметров P1 в таблицу 5.6.1.

Таблица 5.6.1

δ , град										
P_1 , Вт										
Q_1 , В·Ар										
U, В										

- В случае перехода генератора G6 в асинхронный режим работы разгружайте его по активной мощности, вращая регулировочную рукоятку источника G2 против часовой стрелки до тех пор, пока не восстановится синхронная работа генератора G6 с сетью.
- По завершении эксперимента произведите отключение генератора G6 от сети в соответствии с указаниями по проведению эксперимента раздела 5.4. настоящего руководства.
- Используя данные таблицы 5.6.1, для каждого значения угла нагрузки δ вычислите полные активную $P=3P_1$ и реактивную $Q=3Q_1$ мощности генератора G6 и занесите их в таблицу 5.6.2.

Таблица 5.6.2

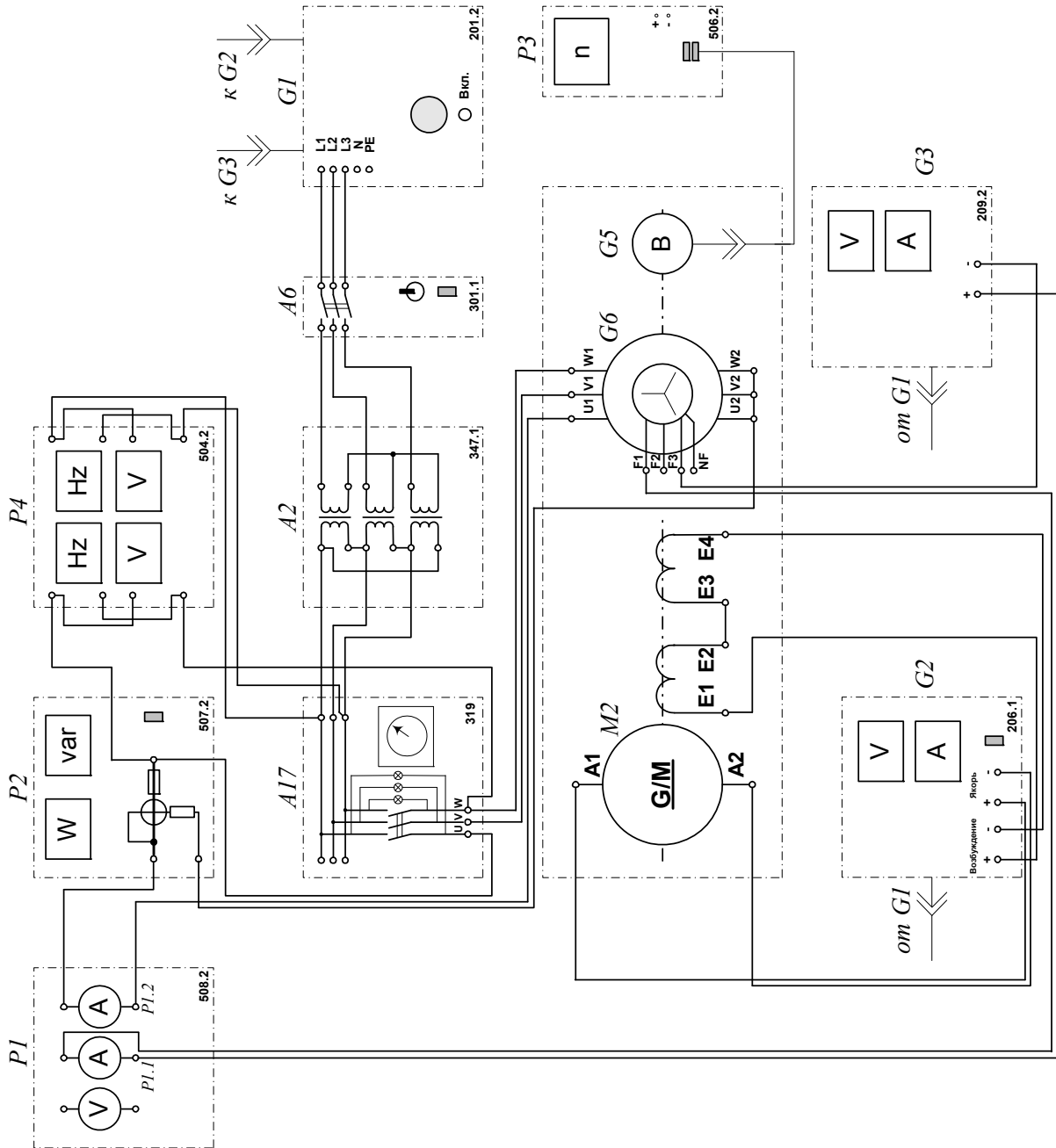
δ , град										
P, Вт										
Q, В·Ар										

- Используя данные табл. 5.6.1 и 5.6.2, постройте искомые угловые характеристики $P=f(\delta)$, $Q=f(\delta)$, $U=f(\delta)$ трехфазного синхронного генератора.

5.7. Снятие V–образной характеристики $I=f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора

- Электрическая схема соединений
- Перечень аппаратуры
- Описание электрической схемы соединений
- Указания по проведению эксперимента

Электрическая схема соединений



Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трехфазный источник питания	201.2	~ 400 В / 16 А
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	– 0...250 В / 3 А (якорь) / – 200 В / 1 А (возбуждение)
G3	Возбудитель синхронной машины	209.2	– 0...40 В / 3,5 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Машина переменного тока	102.1	100 Вт / ~ 230 В / 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	101.2	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
A2	Трёхфазная трансформаторная группа	347.1	3×80 В·А; 230 В/242,235, 230, 226, 220, 133, 127 В
A6	Трехполюсный выключатель	301.1	~ 400 В / 10 А
A17	Блок синхронизации	319	~ 400 В; 2 А; 3 индикаторные лампы; синхроскоп
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра ≈ 0...1000 В / ≈ 0...10 А / 0...20 МОм
P2	Измеритель мощностей	507.2	15; 60; 150; 300; 600 В / 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 А.
P3	Указатель частоты вращения	506.2	-2000...0...2000 мин ⁻¹
P4	Измеритель напряжений и частот	504.1	~ 0...500 В; 45...55 Гц, ~ 220 В

Описание электрической схемы соединений

Источник G1 - источник синусоидального напряжения промышленной частоты.

Источник питания двигателя постоянного тока G2 используется для питания регулируемым напряжением якорной обмотки и нерегулируемым напряжением обмотки возбуждения машины постоянного тока M2, работающей в режиме двигателя с независимым возбуждением.

Возбудитель G3 служит для питания обмотки возбуждения машины переменного тока G6, работающей в режиме синхронного генератора.

Синхронный генератор G6 связан с сетью (источником G1) через блок синхронизации A17, трехфазную трансформаторную группу A2 и выключатель A6.

Преобразователь угловых перемещений G5 генерирует импульсы, поступающие на вход указателя частоты вращения P3 электромашинного агрегата.

С помощью мультиметров блока P1 контролируются ток возбуждения и ток статорной обмотки генератора G6.

С помощью измерителя P2 контролируются активная и реактивная мощности, развиваемые испытуемым генератором G6.

С помощью измерителя P4 контролируются напряжения и их частоты со стороны генератора G6 и со стороны электрической сети.

Указания по проведению эксперимента

- Осуществите подключение к сети синхронного генератора G6 методом точной синхронизации в соответствии с указаниями по проведению эксперимента раздела 5.4. настоящего руководства.
- Включите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
- Активизируйте мультиметры блока P1, задействованные в эксперименте.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, установите желаемую активную мощность генератора G6, например, 30 Вт, которую определяйте утроением показаний ваттметра измерителя P2, и поддерживайте её в ходе эксперимента неизменной.
- Вращая регулировочную рукоятку возбуждителя G3, изменяйте ток возбуждения I_f генератора G6 (не превышая значения 2 А) и записывайте показания амперметров P1.1 (ток I_f) и P1.2 (ток I статорной обмотки генератора G6) в таблицу 5.7.1.

Таблица 5.7.1.

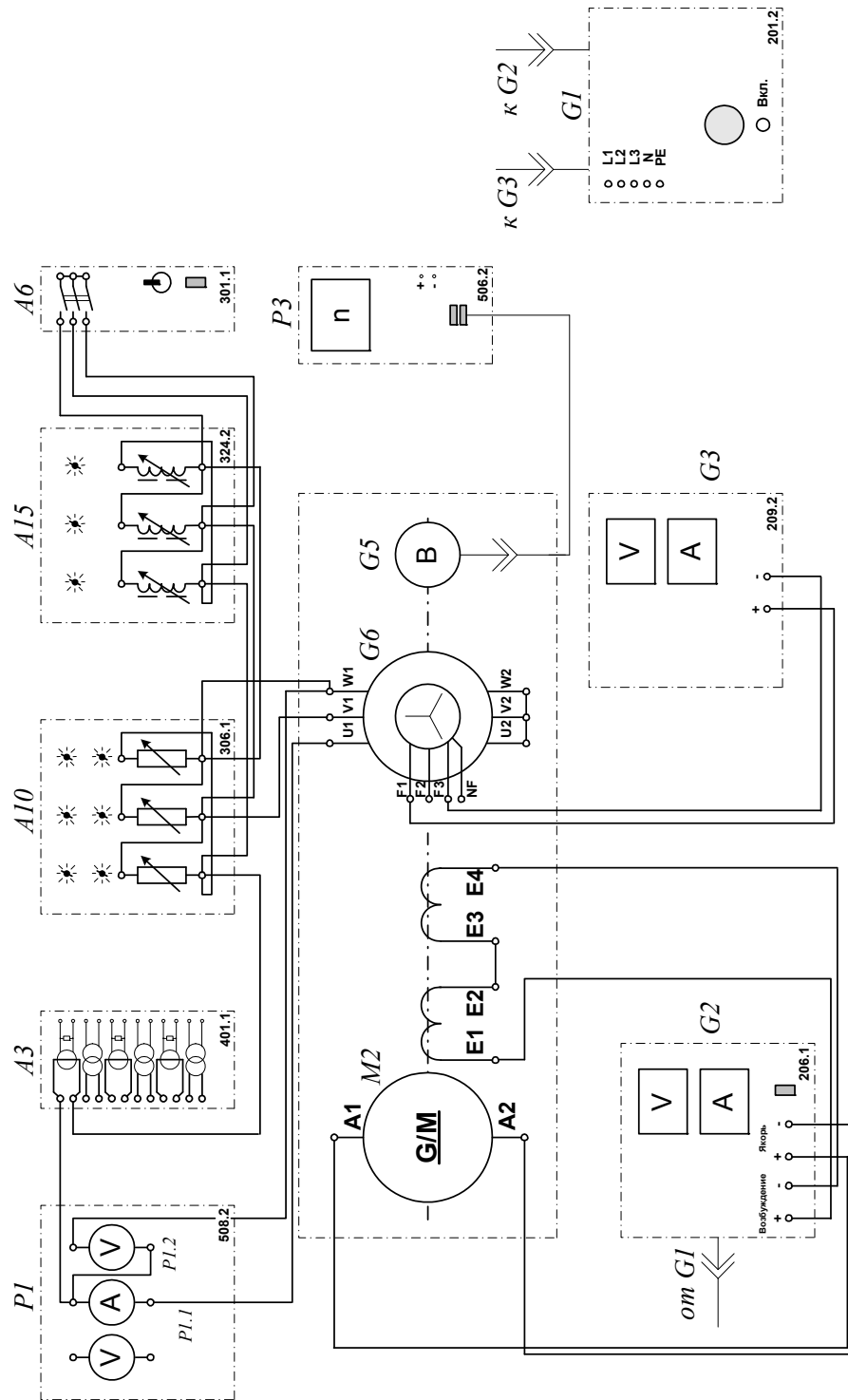
I_f, A										
I, A										

- В случае перехода генератора G6 в асинхронный режим работы разгружайте его по активной мощности, вращая регулировочную рукоятку источника G2 против часовой стрелки до тех пор, пока не восстановится синхронная работа генератора с сетью.
- По завершении эксперимента произведите отключение генератора G6 от сети в соответствии с указаниями по проведению эксперимента раздела 5.4. настоящего руководства.
- Используя данные табл. 5.7.1 постройте искомую V–образную характеристику $I=f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора.

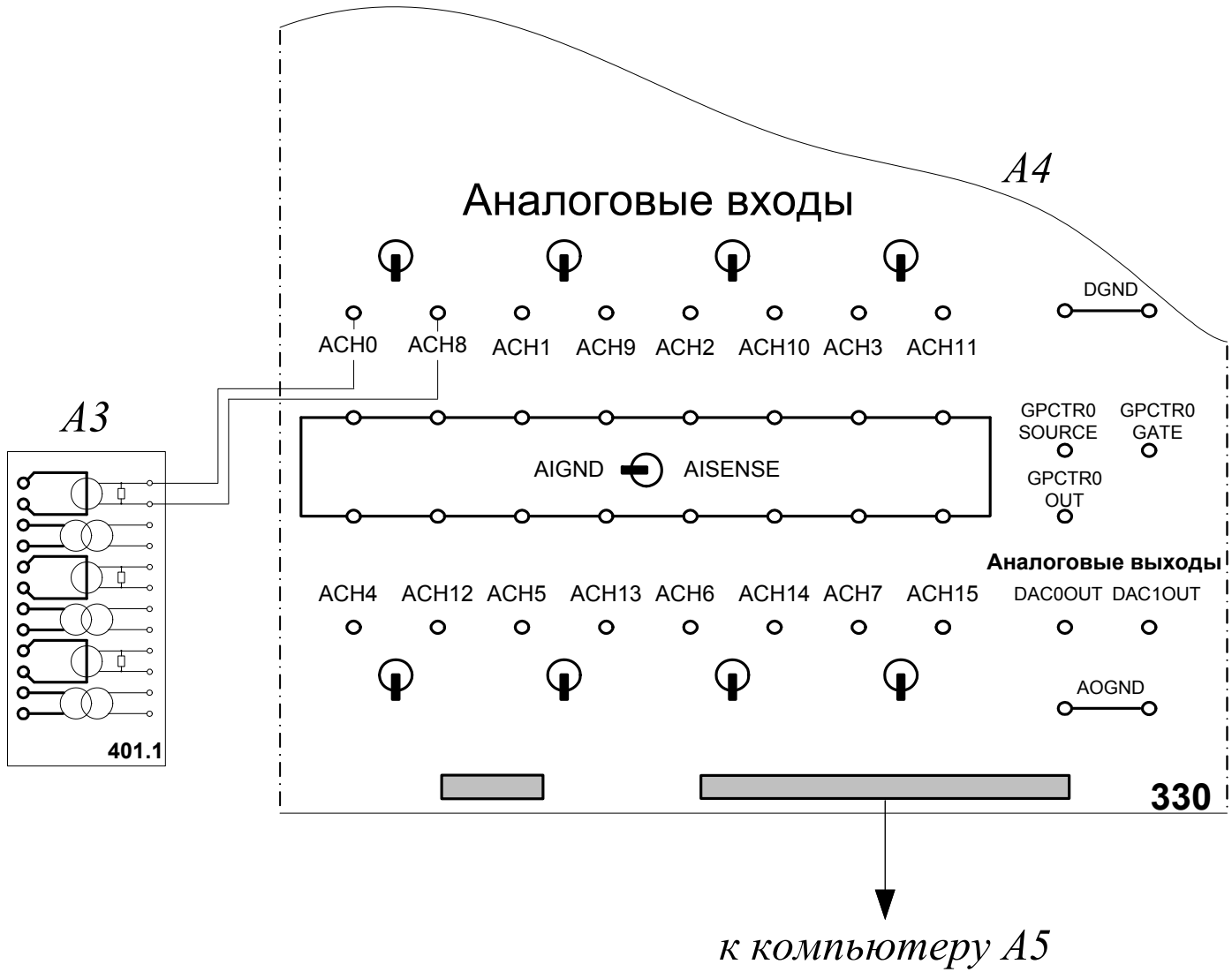
5.8. Регистрация и отображение на компьютере тока трехфазного короткого замыкания синхронного генератора

- Электрическая схема соединений
- Перечень аппаратуры
- Описание электрической схемы соединений
- Указания по проведению эксперимента

Электрическая схема соединений



Электрическая схема соединений (продолжение)



Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трехфазный источник питания	201.2	~ 400 В / 16 А
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	– 0...250 В / 3 А (якорь) / – 200 В / 1 А (возбуждение)
G3	Возбудитель синхронной машины	209.2	– 0...40 В / 3,5 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Машина переменного тока	102.1	100 Вт / ~ 230 В / 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	101.2	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
A3	Блок измерительных трансформаторов тока и напряжения	401.1	3 трансформатора напряжения 600 В / 3 В; 3 трансформатора тока 0,3 А / 3 В
A4	Коннектор	330	8 аналог. диф. входов; 2 аналог. выходов; 8 цифр. входов / выходов
A5	Персональный компьютер	550	IBM совместимый, Windows 9*, монитор, мышь, клавиатура, плата сбора информации PCI-6023E (PCI-6024E)
A6	Трехполюсный выключатель	301.1	~ 400 В / 10 А
A10	Активная нагрузка	306.1	220 В / 3×0...50 Вт;
A15	Индуктивная нагрузка	324.2	220 В / 3×0...40 ВАр;
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра ≈ 0...1000 В / ≈ 0...10 А / 0...20 МОм
P3	Указатель частоты вращения	506.2	-2000...0...2000 мин ⁻¹

Описание электрической схемы соединений

Источник G1 - источник синусоидального напряжения промышленной частоты.

Источник питания двигателя постоянного тока G2 используется для питания регулируемым напряжением якорной обмотки и нерегулируемым напряжением обмотки возбуждения машины постоянного тока M2, работающей в режиме двигателя с независимым возбуждением.

Возбудитель G3 служит для питания обмотки возбуждения машины переменного тока G6, работающей в режиме синхронного генератора.

Преобразователь угловых перемещений G5 генерирует импульсы, поступающие на вход указателя частоты вращения P3 электромашинного агрегата.

Нагрузки - активная A10 и индуктивная A15 используются для нагружения синхронного генератора G6.


Измерительный трансформатор тока (трансдуктор) в блоке A3 обеспечивает гальваническую развязку силовой и измерительной цепей и преобразует ток статорной обмотки генератора G6 в пропорциональное ему нормированное напряжение.

Через аналоговый вход АСН0-АСН8 коннектора A4 измеряемое напряжение вводится в компьютер A5.

Выключатель A6 используется в режиме короткозамыкателя.

С помощью мультиметров блока P1 контролируются ток статорной обмотки и линейное напряжение синхронного генератора G6.

Указания по проведению эксперимента

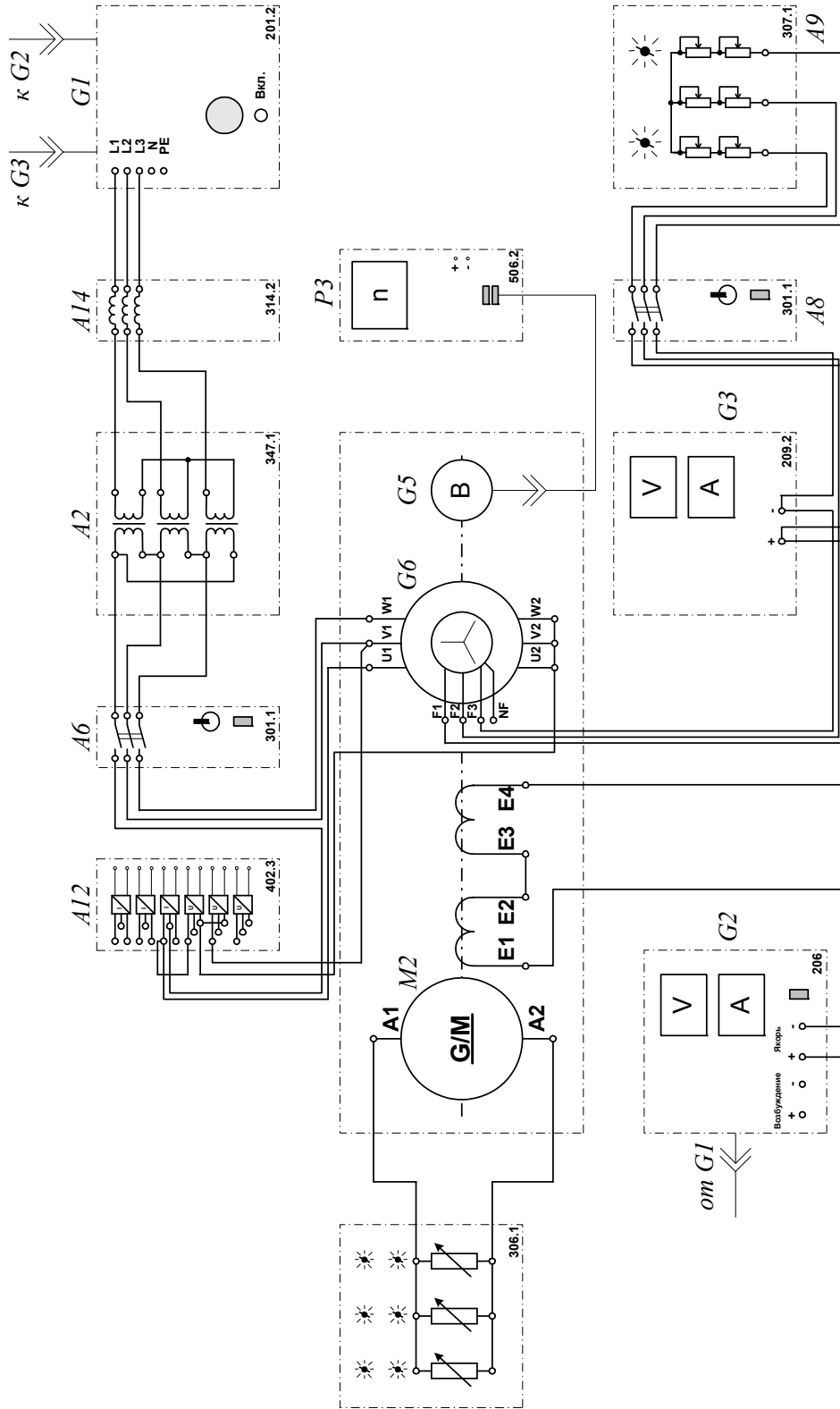
- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока (стр. 14).
- Соедините гнезда защитного заземления "" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» трехфазного источника питания G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Переключатели режима работы источника G2, возбудителя G3 и выключателя А6 переведите в положение «РУЧН.».
- Регулировочными рукоятками активной А10 нагрузки установите ее значения равными, например, 20% от 50 Вт в каждой фазе.
- Регулировочными рукоятками индуктивной А15 нагрузки установите ее значения равными, например, 15% от 40 Вар в каждой фазе.
- Регулировочные рукоятки источника G2 и возбудителя G3 поверните против часовой стрелки до упора.
- Включите выключатели «СЕТЬ» указателя частоты вращения P3 и блока мультиметров P1.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
- Включите выключатель «СЕТЬ» и нажмите кнопку «ВКЛ.» источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, установите частоту вращения двигателя M2 (генератора G6) 1500 мин⁻¹.
- Включите выключатель «СЕТЬ» и нажмите кнопку «ВКЛ.» возбудителя G3.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3, установите междуфазное напряжение генератора G6, например, 220 В.
- Приведите в рабочее состояние персональный компьютер А5 и запустите прикладную программу “Многоканальный осциллограф”. Настройте программу для запоминания, например, последних 5 секунд процесса.
- Нажмите кнопку «ВКЛ» включения сканирования первого канала виртуального осциллографа.
- Включите выключатель «СЕТЬ» выключателя А6.
- Нажмите кнопку «ВКЛ» и спустя 3с (**не более**) – кнопку «ВЫКЛ» выключателя А6 и еще через 1с после этого остановите сканирование программой «Многоканальный осциллограф» нажатием на виртуальную кнопку «Остановить».
- Изменение во времени тока статорной обмотки генератора G4 при коротком замыкании его выводов наблюдайте на мониторе компьютера.
- По завершении эксперимента поверните регулировочные рукоятки сначала у возбудителя G3, а затем у источника G2 против часовой стрелки до упора, отключите выключатели «СЕТЬ» возбудителя G3, источника G2, указателя частоты вращения P3, выключателя А6 и блока мультиметров P1, отключите источник G1 нажатием на кнопку – гриб и последующим отключением ключа – выключателя.

2. ТРЕХФАЗНЫЕ СИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

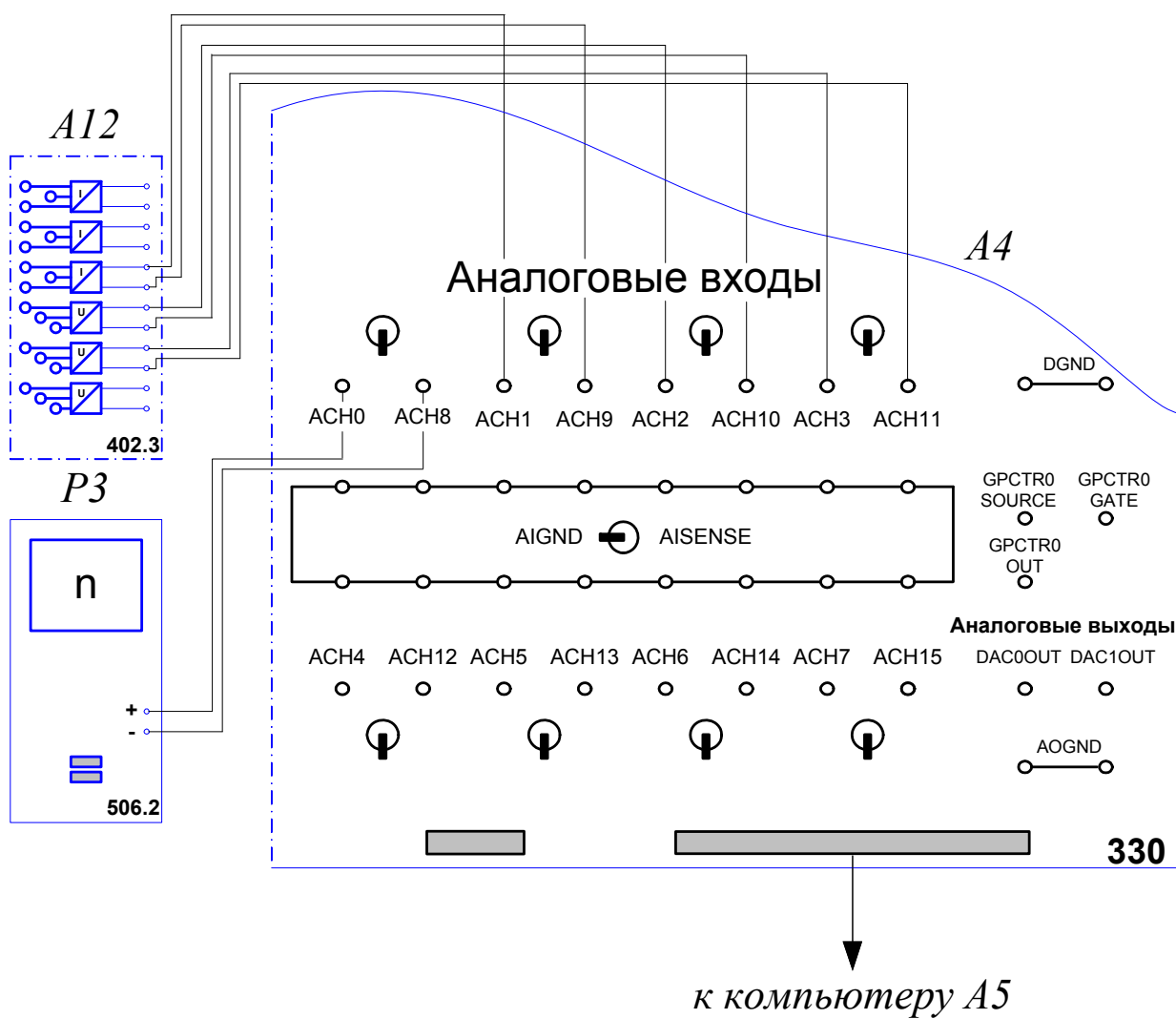
***6.1. Пуск в ход трехфазного синхронного двигателя
с регистрацией и отображением
режимных параметров на компьютере***

- Электрическая схема соединений
- Перечень аппаратуры
- Описание электрической схемы соединений
- Указания по проведению эксперимента

Электрическая схема соединений



Электрическая схема соединений (продолжение)



Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трехфазный источник питания	201.2	$\sim 400 \text{ В} / 16 \text{ А}$
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	$- 0 \dots 250 \text{ В} / 3 \text{ А (якорь)} / - 200 \text{ В} / 1 \text{ А (возбуждение)}$
G3	Возбудитель синхронной машины	209.2	$- 0 \dots 40 \text{ В} / 3,5 \text{ А}$
G4	Машина постоянного тока	101.2	$90 \text{ Вт} / 220 \text{ В} / 0,56 \text{ А (якорь)} / 2 \times 110 \text{ В} / 0,25 \text{ А (возбуждение)}$
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 выходных каналов / 2500 импульсов за оборот
M1	Машина переменного тока	102.1	$100 \text{ Вт} / \sim 230 \text{ В} / 1500 \text{ мин}^{-1}$
A2	Трёхфазная трансформаторная группа	347.1	$3 \times 80 \text{ В} \cdot \text{А} / 230 \text{ В} / 242, 235, 230, 226, 220, 133, 127 \text{ В}$
A4	Коннектор	330	8 аналог. диф. входов; 2 аналог. выходов; 8 цифр. входов / выходов
A5	Персональный компьютер	550	IBM совместимый, Windows 9*, монитор, мышь, клавиатура, плата сбора информации PCI-6023E (PCI-6024E)
A6, A8	Трехполюсный выключатель	301.1	$\sim 400 \text{ В} / 10 \text{ А}$
A9	Реостат для цепи ротора машины переменного тока	307.1	$3 \times 0 \dots 40 \text{ Ом} / 1 \text{ А}$
A10	Активная нагрузка	306.1	$220 \text{ В} / 3 \times 0 \dots 50 \text{ Вт}$;
A12	Блок датчиков тока и напряжения	402.3	3 датчика напряжения $\pm 100; 1000 \text{ В} / \pm 5 \text{ В}$; 3 датчика тока $\pm 1; 5 \text{ А} / \pm 5 \text{ В}$
A14	Линейный реактор	314.2	$3 \times 0,3 \text{ Гн} / 0,5 \text{ А}$
P3	Указатель частоты вращения	506.2	$-2000 \dots 0 \dots 2000 \text{ мин}^{-1}$

Описание электрической схемы соединений

Источник G1 - источник синусоидального напряжения промышленной частоты.

Источник питания двигателя постоянного тока G2 используется для питания регулируемым напряжением обмотки возбуждения машины постоянного тока G4, работающей в режиме генератора с независимым возбуждением.

Активная нагрузка A10 используется для нагружения генератора G4.

Возбудитель G3 служит для питания обмотки возбуждения машины переменного тока M1, работающей в режиме синхронного двигателя.

Преобразователь угловых перемещений G5 генерирует импульсы, поступающие на вход указателя частоты вращения P3 электромашинного агрегата.

Машина (синхронный двигатель) M1 получает питание от источника G1 через трехфазную трансформаторную группу A2 и выключатель A6.


Реостат A9 выполняет роль резистора синхронизации и подключается выключателем A8 к обмотке возбуждения синхронного двигателя M1 на этапе пуска последнего.

С помощью линейного реактора моделируется сопротивление кабеля, питающего двигатель M1.

Датчики тока и напряжения в блоке A12 обеспечивают гальваническую развязку силовой и измерительной цепей и преобразуют ток и напряжение статорной обмотки испытуемого двигателя M1 в пропорциональные им нормированные напряжения.

Через аналоговые входы АСН0-АСН8, АСН1-АСН9, АСН2-АСН10 коннектора A4 напряжения, пропорциональные частоте вращения, току и напряжению статорной обмотки испытуемого двигателя M1, вводятся в компьютер A5.

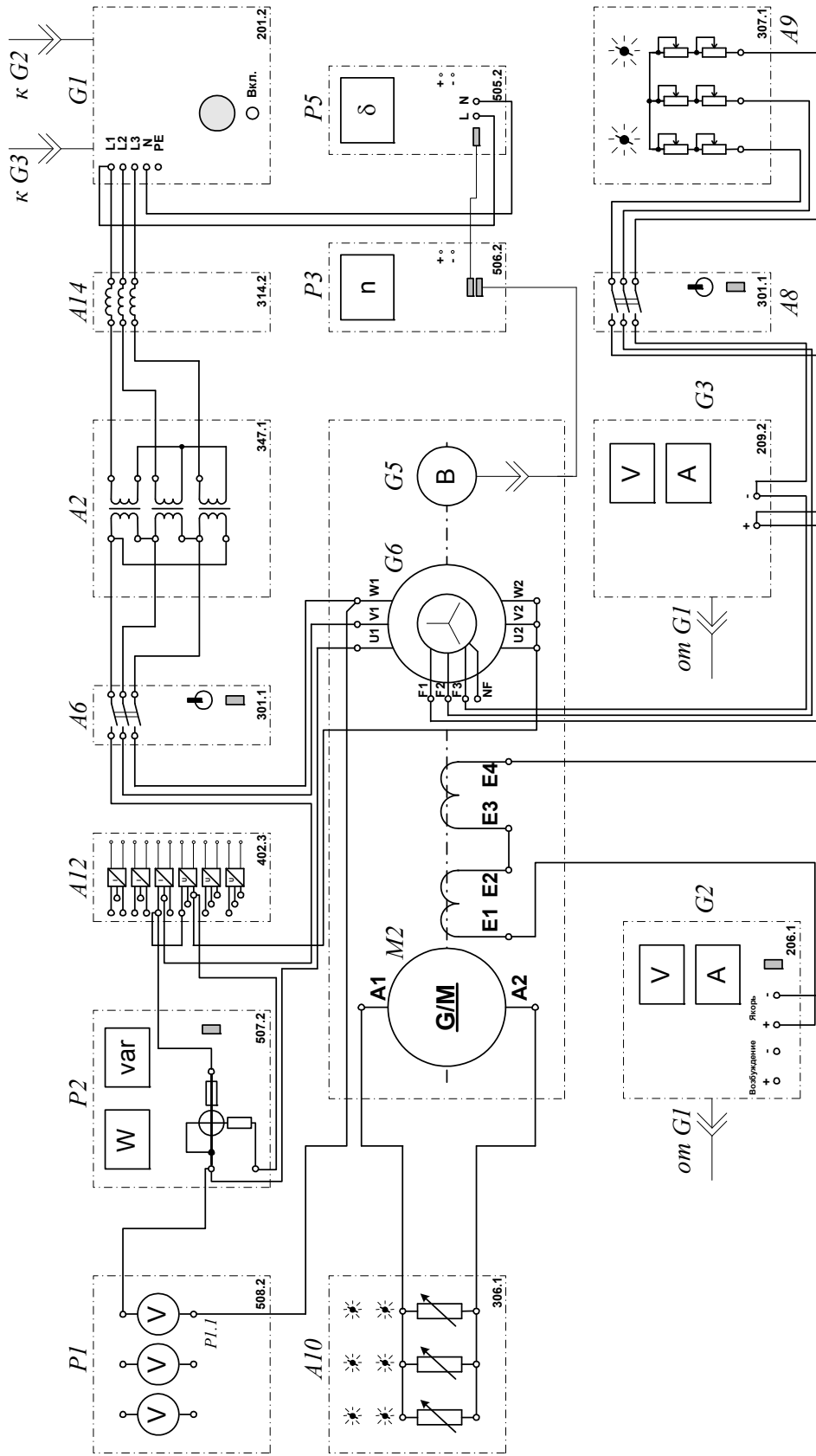
Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока (стр. 14).
- Соедините гнезда защитного заземления "" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» источника G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Переключатели режима работы источника G2, возбудителя G3 и выключателей A6 и A8 установите в положение «РУЧН.».
- Регулировочные рукоятки источника G2 и возбудителя G3 поверните против часовой стрелки до упора.
- Установите в каждой фазе активной нагрузки A10 ее суммарную величину 100 %.
- В трехфазной трансформаторной группе A2 установите номинальное напряжение вторичных обмоток трансформаторов, равное 220 В.
- Установите в каждой фазе реостата A9 суммарное сопротивление 8 Ом.
- Приведите в рабочее состояние персональный компьютер A5, и запустите прикладную программу «Регистратор режимных параметров машины переменного тока».
- Включите выключатели «СЕТЬ» выключателей A6 и A8, указателя частоты вращения P3 и блока A12 датчиков тока и напряжения.
- Включите выключатель A8 кнопкой «ВКЛ».
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
- Включите выключатель «СЕТЬ» возбудителя G3 и, вращая его регулировочную рукоятку, установите на его выходе напряжение, равное 20 В.
- Включите выключатель «СЕТЬ» источника G2 и, вращая его регулировочную рукоятку, установите напряжение на его выходе, например, 50 В.
- Нажмите на виртуальную кнопку «Запустить» на экране компьютера.
- Нажмите последовательно кнопки «ВКЛ.» источника G2, выключателя A6, возбудителя G3 (после разгона двигателя M1), спустя, например, 5 с кнопку «ОТКЛ.» выключателя A8 и затем не позднее, чем через 10 с, остановите сканирование данных. В результате должен осуществиться пуск нагруженного синхронного двигателя M1 и должны записаться в компьютер данные о режимных параметрах на этапе пуска.
- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» источника G1.
- Отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
- Используя возможности программы «Регистратор режимных параметров машины переменного тока», проанализируйте отображенные на мониторе компьютера механическую характеристику и временные зависимости тока статорной обмотки, электромагнитного момента, частоты вращения синхронного двигателя при пуске его в ход.

6.2. Снятие угловых характеристик $P=f(\delta)$, $Q=f(\delta)$, $U=f(\delta)$ синхронного двигателя

- Электрическая схема соединений
- Перечень аппаратуры
- Описание электрической схемы соединений
- Указания по проведению эксперимента

Электрическая схема соединений



Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трёхфазный источник питания	201.2	$\sim 400 \text{ В} / 16 \text{ А}$
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	$- 0 \dots 250 \text{ В} / 3 \text{ А}$ (якорь) / $- 200 \text{ В} / 1 \text{ А}$ (возбуждение)
G3	Возбудитель синхронной машины	209.2	$- 0 \dots 40 \text{ В} / 3,5 \text{ А}$
G4	Машина постоянного тока	101.2	$90 \text{ Вт} / 220 \text{ В} / 0,56 \text{ А}$ (якорь) / $2 \times 110 \text{ В} / 0,25 \text{ А}$ (возбуждение)
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
M1	Машина переменного тока	102.1	$100 \text{ Вт} / \sim 230 \text{ В} / 1500 \text{ мин}^{-1}$
A2	Трёхфазная трансформаторная группа	347.1	$3 \times 80 \text{ В} \cdot \text{А} / 230 \text{ В} / 242, 235, 230, 226, 220, 133, 127 \text{ В}$
A6, A8	Трёхполюсный выключатель	301.1	$\sim 400 \text{ В} / 10 \text{ А}$
A9	Реостат для цепи ротора машины переменного тока	307.1	$3 \times 0 \dots 40 \text{ Ом} / 1 \text{ А}$
A10	Активная нагрузка	306.1	$220 \text{ В} / 3 \times 0 \dots 50 \text{ Вт}$;
A14	Линейный реактор	314.2	$3 \times 0,3 \text{ Гн} / 0,5 \text{ А}$
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра $\approx 0 \dots 1000 \text{ В} / \approx 0 \dots 10 \text{ А} / 0 \dots 20 \text{ МОм}$
P2	Измеритель мощностей	507.2	$15; 60; 150; 300; 600 \text{ В} / 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 \text{ А}$.
P3	Указатель частоты вращения	506.2	$-2000 \dots 0 \dots 2000 \text{ мин}^{-1}$
P5	Указатель угла нагрузки синхронной машины	505.2	$- 180^\circ \dots 0 \dots 180^\circ$

Описание электрической схемы соединений

Источник G1 - источник синусоидального напряжения промышленной частоты.

Источник питания двигателя постоянного тока G2 используется для питания регулируемым напряжением обмотки возбуждения машины постоянного тока G4, работающей в режиме генератора с независимым возбуждением.

Активная нагрузка A10 используется для нагружения генератора G4.

Возбудитель G3 служит для питания обмотки возбуждения машины переменного тока M1, работающей в режиме синхронного двигателя.

Преобразователь угловых перемещений G5 генерирует импульсы, поступающие на вход указателя частоты вращения P3 электромашинного агрегата.

Машина (синхронный двигатель) M1 получает питание от источника G1 через трехфазную трансформаторную группу A2 и выключатель A6.

Реостат A9 выполняет роль резистора синхронизации и подключается выключателем A8 к обмотке возбуждения синхронного двигателя M1 на этапе пуска последнего.

С помощью линейного реактора моделируется сопротивление кабеля, питающего двигатель M1.

С помощью мультиметра блока P1 контролируется линейное напряжение статорной обмотки двигателя M1.

С помощью измерителя P2 контролируются потребляемая активная и потребляемая (развиваемая) реактивная мощности, испытуемым двигателем M1.

С помощью указателя P5 контролируется угол нагрузки синхронного двигателя M1.

Указания по проведению эксперимента

- Осуществите пуск в ход синхронного двигателя М1 в соответствии с указаниями по проведению эксперимента раздела 6.1 настоящего руководства (без включения источника G2).
- Включите выключатели "СЕТЬ" блока мультиметров Р1 и указателя угла нагрузки Р5.
- Активизируйте мультиметры блока Р1, задействованные в эксперименте.
- Регулировочную рукоятку источника G2 поверните против часовой стрелки до упора.
- Регулировочные рукоятки нагрузки А10 установите в положение "100%".
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, изменяйте угол нагрузки δ двигателя М1 в диапазоне $0 \dots 85^\circ$ и заносите показания указателя Р5 (угол нагрузки δ), ваттметра (активная мощность P_1 , потребляемая одной фазой двигателя М1) и варметра (реактивная мощность Q_1 , потребляемая одной фазой двигателя М1) измерителя мощностей Р2 и мультиметра (линейное напряжение U двигателя М1) блока Р1 в таблицу 6.2.1.

Таблица 6.2.1

δ , град										
P_1 , Вт										
Q_1 , ВАр										
U , В										

- В случае перехода двигателя М1 в асинхронный режим работы разгружайте его по активной мощности, вращая регулировочную рукоятку источника G2 против часовой стрелки до тех пор, пока не восстановится синхронная работа двигателя М1 с сетью.
- По завершении эксперимента нажмите кнопку «ОТКЛ.» источника G1 и отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
- Используя данные табл. 6.2.1, вычислите для каждого значения угла δ и занесите в табл. 6.2.2 полные активную $P=3P_1$ и реактивную $Q=3Q_1$, потребляемые двигателем М1.

Таблица 6.2.2

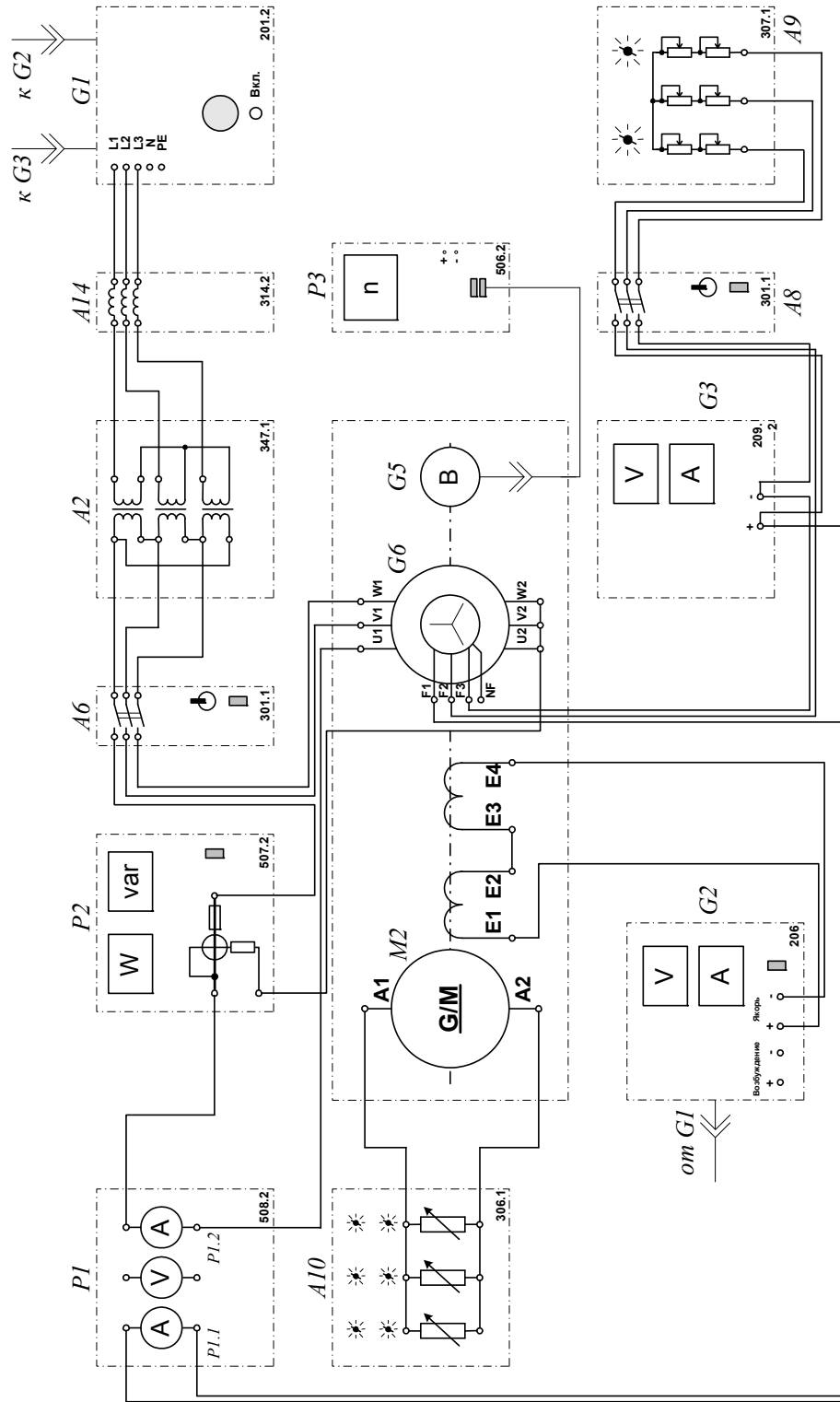
δ , град										
P , Вт										
Q , ВАр										

- Используя данные табл. 6.2.1 и 6.2.2, постройте искомые угловые характеристики $P=f(\delta)$, $Q=f(\delta)$, $U=f(\delta)$ трехфазного синхронного двигателя.

6.3. Снятие U–образной характеристики $I=f(I_f)$ трехфазного синхронного двигателя

- Электрическая схема соединений
- Перечень аппаратуры
- Описание электрической схемы соединений
- Указания по проведению эксперимента

Электрическая схема соединений



Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трёхфазный источник питания	201.2	~ 400 В / 16 А
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	– 0...250 В / 3 А (якорь) / – 200 В / 1 А (возбуждение)
G3	Возбудитель синхронной машины	209.2	– 0...40 В / 3,5 А
G4	Машина постоянного тока	101.2	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
M1	Машина переменного тока	102.1	100 Вт / ~ 230 В / 1500 мин ⁻¹
A2	Трёхфазная трансформаторная группа	347.1	3×80 В·А / 230 В/242,235, 230, 226, 220, 133, 127 В
A6	Трёхполюсный выключатель	301.1	~ 400 В / 10 А
A9	Реостат для цепи ротора машины переменного тока	307.1	3 × 0...40 Ом / 1 А
A10	Активная нагрузка	306.1	220 В / 3×0...50 Вт;
A14	Линейный реактор	314.2	3 × 0,3 Гн / 0,5 А
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра $\approx 0...1000$ В / $\approx 0...10$ А / 0...20 МОм
P2	Измеритель мощностей	507.2	15; 60; 150; 300; 600 В / 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 А.
P3	Указатель частоты вращения	506.2	-2000...0...2000 мин ⁻¹

Описание электрической схемы соединений

Источник G1 - источник синусоидального напряжения промышленной частоты.

Источник питания двигателя постоянного тока G2 используется для питания регулируемым напряжением обмотки возбуждения машины постоянного тока G4, работающей в режиме генератора с независимым возбуждением.

Активная нагрузка A10 используется для нагружения генератора G4.

Возбудитель G3 служит для питания обмотки возбуждения машины переменного тока M1, работающей в режиме синхронного двигателя.

Преобразователь угловых перемещений G5 генерирует импульсы, поступающие на вход указателя частоты вращения P3 электромашинного агрегата.

Машина (синхронный двигатель) M1 получает питание от источника G1 через трехфазную трансформаторную группу A2 и выключатель A6.

Реостат A9 выполняет роль резистора синхронизации и подключается выключателем A8 к обмотке возбуждения синхронного двигателя M1 на этапе пуска последнего.

С помощью линейного реактора моделируется сопротивление кабеля, питающего двигатель M1.

С помощью мультиметра блока P1 контролируется линейное напряжение статорной обмотки двигателя M1.

С помощью измерителя P2 контролируется активная мощность, потребляемая испытуемым двигателем M1.

Указания по проведению эксперимента

- Осуществите пуск в ход синхронного двигателя М1 в соответствии с указаниями по проведению эксперимента раздела 6.1 настоящего руководства (без включения источника G2).
- Регулировочную рукоятку источника G2 поверните против часовой стрелки до упора.
- Регулировочные рукоятки нагрузки А10 установите в положение "100%".
- Включите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров Р1.
- Активизируйте мультиметры блока Р1, задействованные в эксперименте.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, установите полную активную мощность, потребляемую двигателем М1 из сети, например, 60 Вт (определяется утроением показаний ваттметра измерителя Р2) и поддерживайте её в ходе эксперимента неизменной.
- Вращая регулировочную рукоятку возбуждателя G3, изменяйте ток возбуждения I_f (в диапазоне до 2 А) двигателя М1 и записывайте показания амперметров Р3.2 (ток I_f) и Р3.3 (ток I статорной обмотки двигателя) в таблицу 6.3.1.

Таблица 6.3.1

I_f, A										
I, A										

- В случае перехода двигателя М1 в асинхронный режим работы разгружайте его по активной мощности, вращая регулировочную рукоятку источника G2 против часовой стрелки до тех пор, пока не восстановится синхронная работа двигателя М1 с сетью.
- По завершении эксперимента нажмите кнопку «ОТКЛ.» источника G1 и отключите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
- Используя данные табл. 6.3.1, постройте искомую U–образную характеристику $I=f(I_f)$ трехфазного синхронного двигателя.